



ONYX composites GmbH



iotec GmbH

**Prototypenfertigung und Zulassung eines
ultraleichten E-Mobils für den urbanen Einsatz
„Phase 3“**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az 30693/03 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Dipl.-Ing. (FH) Nicolas Meyer; Fa. ONYX composite GmbH
&
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Mentrup MBA; Fa. iotec GmbH

Osnabrück der 28.02.2018

Projektkennblatt

der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	30693/03	Referat	21	Fördersumme	197.155 €
Antragstitel		Prototypenfertigung und Zulassung eines ultraleichten E-Mobils für den urbanen Einsatz			
Stichworte		E-Mobil, Leichtbau, Faserverbund, Nachwachsende Rohstoffe, Akku2Go			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
12 Monate	08.12.2015	07.04.2017	3		
Zwischenberichte	Verwendungsnachweis/Zwischennachweis vom 14.04.2016				
Bewilligungsempfänger	ONYX composites GmbH Marie-Curie-Str. 3 49076 Osnabrück			Tel	0541-58051528
				Fax	0321-21290923
				Projektleitung	
				Nicolas Meyer	
				Bearbeiter	
				Nicolas Meyer & Daniel Mentrup	
Kooperationspartner	iotec GmbH Albert-Einstein-Str. 1 49076 Osnabrück				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Auf Basis des Mobilitäts- und Leichtbaukonzeptes aus den Projektphasen 1&2 wurde mittels Faserverbundwerkstoffen (Selbsttragende Karosseriestruktur & Anbauteile) in Kombination mit Bauteilen aus dem Zweirad-Umfeld und weiteren Standardlösungen ein Ultraleicht-E-mobil für den Einsatz im urbanen Lebensraum gefertigt. Im Rahmen einer Einzelabnahme wurde ein Prototypfahrzeug mit L6e-Zulassung für den Straßenverkehr zugelassen und im städtischen Verkehr getestet. Folgende übergeordnete Projektziele wurden hierbei verfolgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcen- und Energieeffizienz in der Herstellung sowie im Betrieb des Elektrofahrzeuges durch konsequenten Leichtbau mit Faserverbundwerkstoffen (speziell auch nachwachsende Rohstoffe als Alternative für herkömmliche GFK- und CFK-Werkstoffe. • Deutliche Emissionseinsparungen (CO₂, Stickoxide, Rußpartikel & Lärm) im urbanen Lebensraum. • Gesundheitsförderung durch die flexible Einbindung körperlicher Aktivität im mobilen urbanen Alltag auch bei schlechtem Wetter durch die Integration eines Pedal-Hybridantriebes. 					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung der Detailkonstruktion auf Basis der Vorarbeiten in den Phasen 1&2 unter Berücksichtigung der Hauptzielparameter Nutzlastfaktor, (Serien-)Kosten, Gewicht, technische Umsetzbarkeit und Berücksichtigung der zukünftigen Markt- und Kundenanforderungen. • Komplettmontage, Fahrttests und Zulassung des Prototyps nach L6e inkl. der Überprüfung, Bewertung und Optimierung der Funktionen im städtischen Fahrbetrieb. • Iterative Überprüfung ökonomischen Ziele im Rahmen der Erstellung eines iterativ optimierten Businessplans und eines Serienfertigungskonzeptes für das ONYX E-Mobillkonzept. 					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Die im Projektplan zu „Phase 3“ kommunizierten Vorhabensziele wurden größtenteils erreicht. Im Rahmen der Entwicklungsprozesse „Monocoque“ wurden mittels Faserverstärkten Kunststoffen (FVK) die Leichtbau- und Kostenziele erreicht werden. Für die Fertigung der ersten zulassungsfähigen Fahrzeuge wurden daraufhin Produktionswerkzeuge (Kleineserienstatus 200-400 Teile/Jahr) für die Bauteile aus FVK gefertigt.

Parallel wurden die Bauteile für Antrieb, Fahrwerk, Lenkung entweder aus bestehenden Fahrzeugen (Roller, Rikscha, Fahrrad etc.), mit dem Ziel der Verwendung von möglichst vielen Gleichteilen, übernommen und im Prototyp verbaut. Wie zum Beispiel beim Akku, Radträger oder der Lenkung mussten aus diversen Gründen aber auch eigene Entwicklungen umgesetzt werden. Dieser Weg war jeweils natürlich immer der längere und in Bezug auf die Gewährleistung einer zukünftigen Seriensicherheit der risikobelastetere.

Der übergeordnete Zielparamester hinsichtlich der Umweltentlastung ist der formulierte „Nutzlastfaktor“ (NLF) mit einem realistischen Zielwert von $\geq 1,0$ (Verhältnis Nutzlast zu Eigengewicht eines Fahrzeuges), welcher durch das aufgezeigte Potential des Leichtbaus mit Faserverbundwerkstoffen und minimal dimensionierten Funktionsbauteilen nachgewiesen wurde. Die größte Herausforderung bei diesem ehrgeizigen Ziel ist die Konsequenz beim „Weglassen“, welche unter anderem relevant für Sicherheit und Komfort ist. Z.B. sind eine herkömmliche Sitzverstellung oder ein Airbag-System unter Berücksichtigung des NLF zu den limitierten Herstellkosten nicht darstellbar.

Somit ergab sich parallel zur Erstellung und kontinuierlichen Pflege eines Businessplans inkl. digitaler Fabrikplanung die Aufgabe das Prototypenkonzept „ONYX MiO“ in der Öffentlichkeit zu präsentieren und die kritische Bewertung der potentiellen Kunden als Basis für die Weiterentwicklung bis zu Serieneinführung zu nutzen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

In Bezug auf die Öffentlichkeitsarbeit wurde eine Roadshow über knapp 10 Monate mit vielen Stationen in Deutschland organisiert und vom Entwicklungsteam umgesetzt. Auf Veranstaltungen wie z.B. der WdU 2016 in Berlin, der Composite EU in Düsseldorf oder der HMI 2017 in Hannover wurde das Konzeptfahrzeug von einer breiten Masse bestaunt, gelobt und auch kritisiert. Aber auch die vielen kleinen Veranstaltungen bei Partnern und potentiellen Investoren und Sponsoren haben gezeigt, dass der ONYX MiO der richtige Ansatz als Bindeglied für die urbane Mobilität der Zukunft ist. Jedoch wurde uns auch bewusst, dass es nur in kleinen Schritten gelingen kann die Gewohnheiten der Stadtmenschen aufzubrechen und mit neuen ökologischen und ökonomischen Ansätzen zu füllen. Hierzu ist es notwendig das ONYX MiO-Konzept nun zur Kleinserienreife zu bringen, um dann z.B. über Markenbotschafter aus Politik, Medien und Freizeit mit viel Reichweite Aufmerksamkeit zu erregen. Diese Aufmerksamkeit weckt Begehrlichkeiten welche sich in Form von Anfragen & Vorbestellungen aufnehmen lassen, um daraufhin mit belastbare Zahlen in die Finanzierung über Investoren in die Kleinserienproduktion einsteigen zu können.

Fazit

Die Ergebnisse aus den 3 Projektphasen zeigen uns, dass die technischen Voraussetzungen gegeben sind, um leichtbaufahrzeuge mit $NLF \geq 1$ für zwei und mehr Personen zulassungsfähig umzusetzen. Auch der Businessplan zeigt auf, das ab Stückzahlen $\geq 10.000 - 30.000$ Stk/Jahr der Zielpreis von ≤ 9.000 € darstellbar und reduzierbar ist. Jedoch sind die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen noch so auf den herkömmlichen PKW angelegt, dass Konzepte wie der ONYX MiO zurzeit nur einen Nischenchance haben. Hierzu sei zu bemerken, dass genau aus diesem Grund das parallel entwickelte E-Mobil-Konzept „E-Go“ erst Investoren gefunden hat, als die mutigen Minimalansätze „klein und leicht“ aufgebrochen wurden und aus dem ursprünglichen L7e-Leichtbaukonzept ein autoähnliche „Weiterentwicklung“ resultierte.

Das ONYX MiO Entwicklungsteam hat sich hiervon aber nicht beirren lassen und verfolgt weiterhin den Ansatz das MiO-Konzept mit L-Zulassungen (L6e und L7e) auf die deutschen Straßen zu bringen.

Abbildungsverzeichnis.....	5
1 Zusammenfassung „Phase 3“.....	8
2 Einleitung	9
3 Hauptteil.....	11
3.1 Designentwicklung, Detailkonstruktion & Fertigung Monocoque & Anbauteile.....	11
3.1.1 Design und Konstruktion Monocoque & Anbauteilen.....	11
3.1.2 Werkzeugkonstruktion	15
3.1.3 Fräsrohlinge.....	16
3.1.4 Gefräste Positivmodelle.....	17
3.1.5 GFK-Produktionswerkzeug.....	18
3.1.6 Prototypenfertigung Monocoque	22
3.1.7 Monocoque-Fertigung mittel Naturfaserverstärkter Kunststoffe.....	26
3.1.8 Detailkonstruktion Scheiben.....	27
3.1.9 Detailkonstruktion der Aufnahme des "Akku2Go" im Monocoque-Frontbereich.....	28
3.1.10 Schubladenaufnahme "Akku2Go-Koffer"	29
3.1.11 Fertigungsgerechte Konstruktion Antrieb, Fahrwerk & Lenkung.....	30
3.1.12 Fahrwerk vorne und hinten inkl. Lenkung & Bremsanlage.....	32
3.1.13 Serienentwicklung Fertigungskonzept & Prozessplanung	34
3.1.14 Simulation und der Monocoque-Belastungen mittels der FE-Methode.....	39
3.1.15 Akku2Go "E-Mobil"	41
3.1.16 Elektronik.....	43
3.2 Prototypbau, Test und Zulassung.....	48
3.2.1 Montage Prototyp	48
3.2.2 Fertigung & Zulassung "Akku2Go"	49
3.2.3 Elektronik.....	50
3.2.4 Typgenehmigung Prototyp	51
3.3 Business- und Investitionsplan, Kundenanalyse & Marketing.....	53
3.4 Detaillierung Business- und Investitionsplanung.....	54
3.4.1 Marktbewertung ONYX MiO-Konzept	56
3.4.2 Weiterentwicklung des ONYX MiO Konzeptes.....	57
3.4.3 Marketing- und Vertriebskonzept „ONYX MiO Vertriebs- und Servicebox“	60
4 Fazit & Ausblick	64
5 Literaturverzeichnis.....	66
6 Anhänge.....	67
6.1 Projektplan detailliert „Phase 3“.....	67
6.2 Dokumentation DEKRA Einzelabnahme	68
6.3 Schema des ONYX MiO Steuergerät.....	72
6.4 Elektronische Komponenten des ONYX MiO	73
6.5 Montageprozessplanung „Taktmontage“ des ONYX MiO	74
6.6 Ergebnisse der Umfrage zum ONYX MiO-Konzept	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organigramm der beteiligten Fachbereiche	11
Abbildung 2: Ausschnitt Prozessplan Monocoque und Anbauteile	11
Abbildung 3: Darstellung des Entwurfsprozesses mittels Handskizzen	12
Abbildung 4: Designhistorie ONYX MiO	12
Abbildung 5: Darstellung der endgültigen Linienführung in Bezug auf die Bauteiltrennungen	12
Abbildung 6: Fertigungsstrategie für die detaillierte konstruktive Ausarbeitung	13
Abbildung 7: Darstellung der Prozessrandbedingungen für die Bauteilkonstruktion	13
Abbildung 8: Schnittdarstellung Türscharnier rechts	14
Abbildung 9: Darstellung Türfunktion und Fugenbild	14
Abbildung 10: ONYX MiO Prototyp für die Fertigung und Montage auskonstruiert	15
Abbildung 11: Designkontrollmodell im Rapid-Prototyping-Verfahren (Format 1:5)	15
Abbildung 12: Funktions- und Ergonomiekontrollmodell in Holzbauweise (Format 1:1)	15
Abbildung 13: Darstellung der Kleinserienfertigungsverfahren	16
Abbildung 14: Darstellung großserientauglicher Prozesse	16
Abbildung 15: Vom CAD-Klotzmodell (Rohling) zum Positivmodell	17
Abbildung 16: Schrittweise Aufbau und Verklebung des Fräsrohlings aus PU-Kunststoffblöcken	17
Abbildung 17: Gefräste Positivform Monocoque Unterteil inkl. Probesitzen	18
Abbildung 18: Gefräste Positivform Monocoque Oberteil	18
Abbildung 19: Darstellung des Trennebenenaubaus am Bsp. Monocoque-Oberteil	19
Abbildung 20: Montage der Trennebenen und Zentrierhilfen	19
Abbildung 21: Erste Gelcoat-Schicht (li.) mit erster Laminatschicht (re.)	19
Abbildung 22: Eckverstärkungen mit Bonding paste und Laminieren der Glasfaserlagen	20
Abbildung 23: Frisch laminiertes WKZ-Segment (re.) und das voll ausgehärtete Element (li.)	20
Abbildung 24: GFK-Werkzeugsegment Monocoque-Seitenteil unten rechts	21
Abbildung 25: Übersicht der Composite-Bauteil-spezifischen Prozesse bis zum Prototyp	21
Abbildung 26: Exemplarische Darstellung des Materialaufbaus „Plybook“ für die Fertigungsplanung	22
Abbildung 27: Aufzählung der 6 Materialklassen für die Composite-Fertigung	22
Abbildung 28: Links: Montiertes GFK-Werkzeuge; Rechts Werkzeugteile und entformtes Bauteil	23
Abbildung 29: Auftrag Gelcoat und Bonding paste am Bsp. Monocoque Unterteil	23
Abbildung 30: Lagenaufbau Monocoque Unterteil	24
Abbildung 31: Vakuuminfusionsaufbau am Beispiel Monocoque Oberteil	24
Abbildung 32: Erstmontage der Monocoque-Teile inkl. Probesitzen	25
Abbildung 33: Vormontage Monocoque und Composite-Anbauteile	25
Abbildung 34: Rechts Grundfarbe Monocoque, Rechts: Lackiertes Monocoque	25
Abbildung 35: Links: Monocoque in NFK-Bauweise, Rechts: NFK-Heckklappe	26
Abbildung 36: Optik NFK-Monocoque	26
Abbildung 37: Rechts, Scheiben im ONYX MiO-CAD Modell; links, verbaute WSS im MiO Prototyp Windschutzscheibe mit Glas nach R-43	27
Abbildung 38: Links: E-Marke und Vorgaben des Einbauwinkels und die Position des Fahrers für die Homologation der Scheibe nach 43-R. Rechts: Erstes Einsetzen der Scheibe ins Monocoque.	27
Abbildung 39: Darstellung der maximalen Scheibenbiegung	27
Abbildung 40: Entnahme Akku2Go aus der Monocoque-seitigen Aufnahme; Commeo	28
Abbildung 41: Links, Konzeptskizze Akku2Go; rechts, Akku2Go Prototyp im Test (Commeo)	28
Abbildung 42: Darstellung des „Crash-Zellen-Konzept“ in Bezug auf die Akku-Einbausituationen	29
Abbildung 43: Erste Akku2Go-Prototyp im der ONYX MiO-Schublade	29
Abbildung 44: Commeo-Konzept des Akku2Go	30
Abbildung 45: Konzept Pedalgenerator; Foto des Pedalgenerators	31
Abbildung 46: Oberfläche der App zur Bedienung des Pedalgenerators.	32
Abbildung 47: Vormontierte Fahrwerk vorne	32
Abbildung 48: Vormontiertes Fahrwerk hinten	33
Abbildung 49: Vorläufiger Stand Lenkung und Pedalgenerator	33
Abbildung 50: Aktueller Stand: Lenkung und Innenraum	33
Abbildung 51: Entwurf ONYX MiO-Fabrik	35
Abbildung 52: Taktbezogenen Montageprozessplanung	35
Abbildung 53: Digitale ONYX MiO-Fabrik auf der grünen Wiese	37

Abbildung 54: Bsp. Vormontage Monocoque & Takt 2 "Vorderachse".....	38
Abbildung 55; Bsp. Bremsprüfung und Verpackung.....	38
Abbildung 56: Darstellung aus der Material-Prozess-Kosten-Analyse	38
Abbildung 57: Darstellung der kombinierten Monocoque-Materialstärken (10 – 17 mm).....	39
Abbildung 58: Links: Lastfälle Monocoque; Recht: Lastfall LC 1 "Überschlag"	39
Abbildung 59: Darstellung der Definition „LC2-Frontcrash" für die FE-Analyse.....	40
Abbildung 60: Ergebnisdarstellung „Verformung“ FE-Analyse Lastfall "LC 1 - Überschlag".....	40
Abbildung 61: Darstellung der Materialanstrengung im Lastfall "LC 1-Überschlag".....	40
Abbildung 62: FE-Modell Tür links in Naturfaser-Sandwichaufbau.....	40
Abbildung 63: Seitenelemente des Akku2Go aus integrativen Leichtbau.....	42
Abbildung 64: Foto des Akku2Go	42
Abbildung 65: Parameter der Motorsteuerung.....	43
Abbildung 66: Anzeigeeinheit für den MiO	44
Abbildung 67: Ausschnitt aus dem Schema des Steuergeräts (komplette Übersicht im Anhang)	44
Abbildung 68: Darstellung der Verkabelung im Fahrzeug.....	45
Abbildung 69: Aufbau eines Kabelbaums für einen MiO.....	46
Abbildung 70: Komponenten des MiOs (Komplette Übersicht im Anhang)	46
Abbildung 71: Oberfläche für die Positionsanzeige des Fahrzeuges	47
Abbildung 72: Vormontage alle Anbau- und Funktionsteile am unlackierten Monocoque	48
Abbildung 73: Links: Endmontage, rechts: Erste Probefahrt.....	48
Abbildung 74: Akku 1x40 km + 1x50 km -montagefertig.....	49
Abbildung 75: ESD-Test von Komponenten des Akku2Go (BMS, Temperatur- und Stromsensoren, sowie Relais).....	50
Abbildung 76: Temperaturbild des Motorcontrollers.....	51
Abbildung 77: Typenschild im Akkufach, Übergabe der Typgenehmigung	52
Abbildung 78: Typgenehmigung der DEKRA (komplettes Dokument im Anhang)	52
Abbildung 79: Darstellung des Zielpreissegmentes ONYX MiO im Wettbewerb.....	53
Abbildung 80: Abschluss des Hochschulprojekte ONYX MiO Businessplan	54
Abbildung 81: Inhalt des ONYX MiO Cost tools	55
Abbildung 82: Eindrücke von der ONYX MiO Road Show 2016-2017.....	56
Abbildung 83: Kundenansprache ONYX MiO vs. ONYX one	57
Abbildung 84: Geometrie und Kurvenverhalten des ONYX one-Konzeptes	58
Abbildung 85: Zielgruppe und technische Randbedingungen ONYX one im Überblick	58
Abbildung 86: Technischer Grundaufbau des ONYX one.....	58
Abbildung 87: Ergonomieuntersuchung des ONYX one	59
Abbildung 88: Designsprache des ONYX one	59
Abbildung 89: ONYX one vs. ONYX MiO	59
Abbildung 90: Gesundheit als Thema zur Kundenansprache visualisiert	60
Abbildung 91: Das ONYX MiO Vertriebs- und Servicemodell im Überblick	61
Abbildung 92: Zusammenfassende Darstellung der Vertriebs- und Servicebox.....	62
Abbildung 93: Modulare Erweiterung der Vertriebs- und Servicebox.....	63
Abbildung 94: Vertriebs- und Servicebox Seitenansicht.....	63
Abbildung 95: Vertriebs- und Servicebox Draufsicht „Rotationsprinzip“	63
Abbildung 96: Roadmap zur Weiterführung des Projektes.....	65
Abbildung 97: Vision ONYX MiO.....	65

Abkürzungsverzeichnis

AGT	Aggregateträger
BRD	Bundesrepublik Deutschland
bzgl.	bezüglich
CAE	Computer-Aided Engineering
CAD	Computer-Aided Design
CI	Competitive-Intelligence
CFK	Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
E-Mobil	Elektronisches Mobil
ERP	Enterprise-Resource-Planning
Fzg	Fahrzeug
FEM	Finite Elemente Methode
F&E	Forschung und Entwicklung
FEM	Finite Elemente Methode
ggf.	gegebenenfalls
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GHV	Geheimhaltungsvereinbarung
GSD	Generated Shape Design
GWP	Global Warming Potential
HFK	Hanffaserverstärkter Kunststoff
inkl.	inklusive
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KMU	kleine mittelständische Unternehmen
Mio.	Millionen
NLF	Nutzlastfaktor
PC	Polycarbonat
Pedelec	Pedal Electric Cycle
Pkw	Personenkraftwagen
PMMA	Polymethylmethacrylat
PU	Polyurethan
RTM	Resin Transfer Moulding (Injektionsverfahren für Composite-Bauteile)
s. g.	so genannte
SMC	Sheet mold compound-Verfahren (Heißpressverfahren für Composite-Bauteile)
Stk.	Stück
u.a.	unter anderem
URL	Uniform Resource Locator
USP	Unique Selling Proposition
VBA	Visual Basic for Applications
VK	Verkaufspreis inkl. MwSt.
Vgl.	Vergleiche
VSG	Verbundsicherheitsglas
WSS	Windschutzscheibe
z. B.	zum Beispiel

1 Zusammenfassung „Phase 3“

Im DBU Förderprojekt „Prototypenfertigung und Zulassung eines ultraleichten E-Mobils für den urbanen Einsatz“ mit dem Az. 30693-3 wurde von der Firma ONYX composites GmbH (ONYX) und dem Kooperationspartner Firma iotec GmbH (iotec) ein ultraleichtes E-Mobil detailliert ausgearbeitet und in Form eines zugelassenen Prototyps gefertigt. Das Elektromobil mit dem Namen ONYX MiO (steht für Made in Osnabrück) wird als Bindeglied zwischen der aktuellen fossilen PKW-Dominanz und dem erfolgreichen Pedelec-Zweiradmarkt im urbanen Lebensraum platziert.

Durch den Ultraleichtbauansatz und der definierten Grundreichweite von 50 km innerhalb eines Aktionsradius von 10-25 km konnte das Hauptziel für den gesellschaftlichen Nutzen das s.g. „Akku2Go-Prinzip“ erreicht werden. Dieses Prinzip, ähnlich dem bekannten Pedelec-Prinzip, ermöglicht es, den Akku als Trolley-Koffer zu entnehmen und an jeder beliebigen 230 V Steckdose zu laden. Hierdurch wird ermöglicht, dass es für einen Großteil von zukünftigen urbanen Wegstrecken keine Notwendigkeit einer statischen Ladeinfrastruktur geben muss.

Der übergeordnete Zielparamester zur Erreichung der Funktionskette um einen mobilen Akku2Go und hinsichtlich der parallel Umweltentlastung im Betrieb durch Leichtbau ist der formulierte „Nutzlastfaktor“ von ≥ 1 (Verhältnis Nutzlast zu Eigengewicht eines Fahrzeuges).

Über die Entwicklungsbausteine Design & Konstruktion, Berechnung, Fertigungsplanung, Werkzeugbau und Prototypenfertigung sowie digitale Fabrikplanung & Businessplanerstellung, wurde genau dieser immer wieder neu berechnet und endgültig nachgewiesen.

Aufbauend auf das Kundenfeedback wurde mit den selbsterlangten Kenntnissen ein weiteres Fahrzeugkonzept abgeleitet. Diese basiert auf den Komponenten des ONYX MiO ist aber auf eine Zielgruppe hin „Junge Pendler“ optimiert worden. Das entwickelte Konzept ONYX one wird als Ergänzung und Verfeinerung des ONYX MiO betrachtet und zeigt auf, dass basierend auf der Composite-Leichtbaustrategie und das Akk2Go-Prinzip eine Produktfamilie entstehen könnte.

Somit wurden die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit und das Potential für Umwelt und Gesellschaft durch den Prototypenbau, die Testfahrten und die ausführliche Produktpräsentation grundlegend nachgewiesen.

Um alle offenen technischen und wirtschaftlichen Fragestellungen für die geplante Kleinserienfertigung abzusichern, ist es aus heutiger Sicht notwendig noch weitere optimierte Prototypen zu bauen und zu testen. Nur so kann die Seriensicherheit und ein zukünftiger wirtschaftlicher Erfolg vor den nötigen Investoren dargestellt werden.

Die Projektpartner sind entschlossen, nach Auslauf der DBU-Förderung, das Projekt Richtung Kleinserienfertigung weiter voranzutreiben und planen noch im Jahr 2018 die Entwicklung- und Produktionsgesellschaft ONYX MiO GmbH auszugründen. Die dazu erstellte Roadmap befindet sich im Fazit.

Wir bedanken uns hier nochmals ausdrücklich für die Förderung durch die DBU und speziell die tolle Betreuung durch Herrn Dr.-Ing. Jörg Lefèvre. Herr Lefèvre hat uns mit Rat aber auch einer gesunden Portion Kritik begleitet und ist mit uns durch dick und dünn gegangen.

2 Einleitung

Durch die ansteigenden Preise der fossilen Energiequellen, dem stetigen Anstieg von PKW-Kurzstreckenfahrten und die Forderung nach emissionsfreiem Verkehr, ist eine Veränderung der Mobilität speziell in den Stadtgebieten hinsichtlich des Antriebs unvermeidbar. Dies führt schon heute zu einem Umdenken der Gesellschaft, welches durch politische Bemühungen (Energiewende, E-Mobil Zulassungsziele, Evtl. Dieselfahrverbote) weiter forciert wird. Fortbewegungsmittel, die durch Muskelkraft (z.B. Pedelecs) angetrieben werden, gewinnen zunehmend an Bedeutung und werden als Folge dieser Entwicklung immer häufiger für alltägliche Strecken genutzt. Sie haben jedoch beim Transport von Lasten und bei schlechtem Wetter Nachteile gegenüber PKWs, weshalb dann vom Stadtbewohner oft und gerne der PKW genutzt wird.

Die Hälfte aller mit dem Auto zurückgelegten Wege ist kürzer als sechs Kilometer, fünf Prozent sogar kürzer als ein Kilometer. Das hat Folgen für die Umwelt. Ein Auto mit kaltem Motor verbraucht auf den ersten drei Kilometern überproportional viel Kraftstoff. Insgesamt ist der Straßenverkehr mit gut 18 % für einen Großteil der CO₂-Emissionen in Deutschland verantwortlich, der Anteil des Pkw-Verkehrs allein beträgt ca. 13 %.

Leichte muskelkraftunterstützte Hybridfahrzeuge bieten dazu eine urbane Mobilitätsalternative und sind geeignet, den Stadtverkehr wesentlich umwelt- und menschenfreundlicher zu gestalten. Mit Verbreitung der Hybridtechnik (Kombination von Muskelkraft und Elektromotor in den sogenannten Pedelec- und E-Bikemodellen) im Zweiradbereich wurde eine demografiefeste und emissionsfreie Möglichkeit der urbanen Reichweitenmaximierung geschaffen. Mittels dieser technischen Unterstützung, wird es auch schwächeren und älteren Menschen ermöglicht, größere Strecken leichter, kostengünstig und unabhängig von öffentlichen Verkehrsmitteln emissionsfrei zurückzulegen.

Die Fa. ONYX hat gemeinsam mit der Fa. iotec zur Ergänzung der aktuell erhältlichen rein „automobilen“ Elektrofahrzeuge, die auf Geschwindigkeit, Komfort und Reichweite, aber nicht auf nachhaltige Effizienz ausgelegt sind und den beschriebenen hybriden Zweiradmodellen das fehlende „Mobilitäts-Bindeglied“ für urbane Lebensräume konzeptioniert. Im Rahmen der Vorgängerphasen 1 und 2 des Projektes wurde dieses Konzept weiter ausgearbeitet und auf Basis eines fahrbaren Aggregateträgers die grundlegende technische Umsetzbarkeit nachgewiesen. Dieses neuartige und innovative Fahrzeugkonzept verbindet die Vorteile der bestehenden Technik im Zweiradsektor (leicht, günstig, hohe Variantenvielfalt, „Akku2Go-Prinzip“) und überträgt diese auf die herkömmlichen Leichtkraft- und Elektroautomobile (z.B. e-Up, Twizy, Twike & CityEL). Die Vorzüge eines herkömmlichen PKWs im urbanen Aktionsradius von 10-25 km und die des Humanhybrid-Antriebs wurden auf diese Weise miteinander kombiniert, sowie der kostengünstige Einstieg in ein leichtes und somit effizientes, nachhaltiges und alltagstaugliches Elektromobil aufgezeigt.

Das technische Entwicklungsziel für die Phase 3, ist es auf Basis des enormen Leichtbaupotentials von Faserverbundwerkstoffen (im Speziellen auch Naturfasern wie Hanf und Flachs) das hybrides Elektromobil für den urbanen Einsatz zu fertigen. Das resultierende Fahrzeuggewicht soll möglichst unter 200 kg (ohne Akku, Platz für 2 nebeneinander sitzende Personen, einer zusätzlichen Ladung von min. 50 kg) und einer Maximalgeschwindigkeit von 45-50 km/h (L6e-Zulassung) die Zielkundenbedürfnisse im

Stadtverkehr erfüllen. Parallel soll die wirtschaftliche Marktfähigkeit über geringe Kosten der Einzelkomponenten aus „Großserienbranchen“ (Fahrwerk, Lenkung, Antriebstechnologie, Akku und Beleuchtung) in Kombination mit einer preiswerten Composite-Fertigung und Montage weiter ausgearbeitet werden. Im Rahmen eines detaillierten Business- und Investitionsplans soll untersucht werden ob ein Endverbraucherpreis von unter 9.000 € bei ≥ 1.000 Einheiten/Jahr angeboten werden kann. Des Weiteren soll untersucht werden welchen Effekt die Steigerung der Produktion auf ≥ 5.000 Einheiten/Jahr haben kann und wie dieser zum Ausbau des Produktes und der Marke genutzt werden kann. Die auf Basis des Businessplans gewonnen Erkenntnisse sollen anschließend genutzt werden, um im Rahmen der digitalen Fabrikplanung den Aufbau der Fertigung zu verfeinern und ein passendes Vertriebskonzept zu erarbeiten.

Das Ergebnis, also der zugelassenen Prototyp soll dann im Rahmen von Versuchsfahrten getestet und optimiert werden. Parallel werden das Produkt und das ONYX MiO-Konzept im Rahmen von öffentlichen Veranstaltungen (Messen, Tagungen, Die Woche der Umwelt etc.) einem breiten Publikum vorgestellt. Die Erfahrungen aus dieser Roadshow sollen anschließend genutzt werden um die Roadmap für die Weiterentwicklung bis zur Serienfertigung zu planen.

Die Ziele werden anschließend im Fazit auf Basis der 4 Hauptgruppen „Umweltrelevanz“, „Technische Umsetzbarkeit“, „Marktrelevanz“ und „Wirtschaftliches Potential“ diskutiert, bewertet und eine Empfehlung zum Vorgehen im Anschluss an Phase 3 ausgesprochen.

3 Hauptteil

Im Hauptteil dieses Berichtes werden auf Basis der wichtigsten Arbeitspakete des Gesamtprojektplans für Phase 3, siehe Anhang 6.1, die durchgeführten Entwicklungsschritte dargestellt. In Abbildung 1 wird das Organigramm der zentral projektbeteiligten Personen und Firmen für die Phase 3 zu sehen. Die erzielten Ergebnisse wurden mit Hinblick auf die ursprüngliche Zielsetzung iterativ verglichen und kritisch bewertet. Das Gesamtergebnis wurde im anschließenden Fazit zusammengefasst und eine Empfehlung für das weitere Vorgehen ausgesprochen.

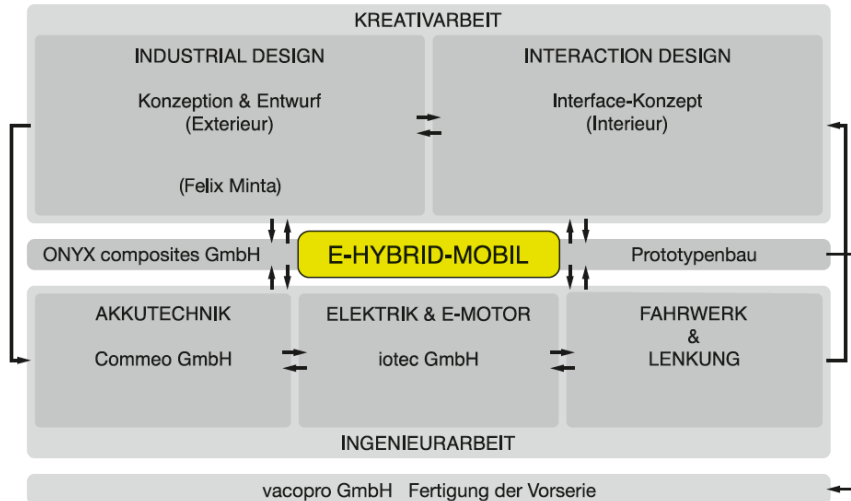


Abbildung 1: Organigramm der beteiligten Fachbereiche

3.1 Designentwicklung, Detailkonstruktion & Fertigung Monocoque & Anbauteile

Ziel der grundlegenden Projektbausteine war es die konzeptionellen Ansätze auf dem Konstruktionsentwurf und des ersten Aggregateträgers (AGT) aufzubauen und offene Detailfragen zu klären, um daraus eine Prototypenkonstruktion und die Fertigung abzuleiten. Hierzu wurde ein Prozessplan für alle Composite-Bauteile entwickelt und kontinuierlich gepflegt.

Werkzeugbau & Fertigung Composite-Teile "ONYX MID"													
Bestell													sonst. Verkleidungen Lenkung & Elektronik hinten
Arbeitsschritt	1. Bauteilkonstruktion												
	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	in Bearbeitung	in Planung	in Planung

Abbildung 2: Ausschnitt Prozessplan Monocoque und Anbauteile

3.1.1 Design und Konstruktion Monocoque & Anbauteilen

Grundlegend für die Qualität der Bauteile des Prototyps und die geplante Kleinserie ist ein „sauberes“ Flächendesign. Das bedeutet, dass die erstellten Bauteilflächen in der Konstruktionssoftware „CATIA V5“ so gut sind, dass einfach und schnell fräsfähige Formen abgeleitet werden können. Parallel waren qualitativ hochwertigen Bauteilflächen notwendig, um darauf aufbauend die FEM-Berechnungen für die Steifigkeits- und Festigkeitsbetrachtungen durchführen zu können. Der Prozess vom Design zur qualitativ hochwertigen Konstruktionsdatei ist iterativ und aufwendig. Hier sollen die entscheidenden Entwicklungsphasen über eine bildhafte Darstellung mit Kurzbeschreibung dargestellt werden.

Der Entwurfsprozess

Zu Beginn des Entwurfsprozesses wurden mittels Strichzeichnungen Inspirationen gesammelt und im Entwicklungsteam diskutiert, bewertet und optimiert. Zur Definition eines prägnanten Designthemas wurden die Entwürfe mit dem größten Potential ausgewählt.

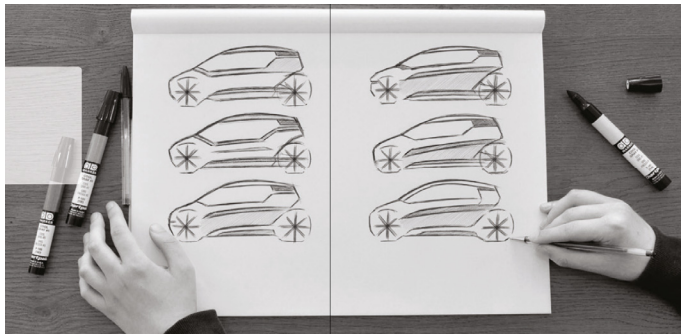


Abbildung 3: Darstellung des Entwurfsprozesses mittels Handskizzen

Bei der anschließenden Ausgestaltung und Detaillierung stand die Herstellbarkeit und Typzulassung auf Basis des Pflichtenheftes im Vordergrund. Es wurden mittels computerunterstützten Zeichenprogrammen 4 Entwurfsvarianten entwickelt. Aus den Entwürfen wurde wiederum ein „Gestaltungsthema“ abgeleitet und für die Ausarbeitung bereitgestellt. Die klare Unterteilung der Fahrgastzelle zu den Hinterrädern ermöglicht eine Abdeckung der Technik durch das Monocoque zum Innenraum und nach außen durch die Heckverkleidung.

Die umlaufende Designfläche unterstreicht die Form des Monocoques und ergibt eine schmale Unterschale sowie eine breitere Oberschale mit ausreichend Bewegungsfreiheit im Innenraum. Die seitlich fortlaufende Lichtfläche bietet eine Grundlage für eine lineare Trennungsfuge. Dieses galt es im nächsten Schritt zu untersuchen.

Die Oberschale mit dem integrierten Armaturenbrett bildet gemeinsam mit der Unterschale das Monocoque. Die separate Interieurschale hat eine Aussparung für die Pedalerie und reicht bis zu der Kofferebene. Die Türen und die Heckabdeckung sind als Anbauteile montiert. Am Heck sind eine zentrale Rückfahrleuchte und das Kennzeichen der Klasse L6e angebracht. Die Gestaltung des Monocoques lässt zwei Varianten der Modularität zu. Dieses macht eine Nutzung für kleinere gewerbliche und private Bedürfnisse gleichermaßen möglich.

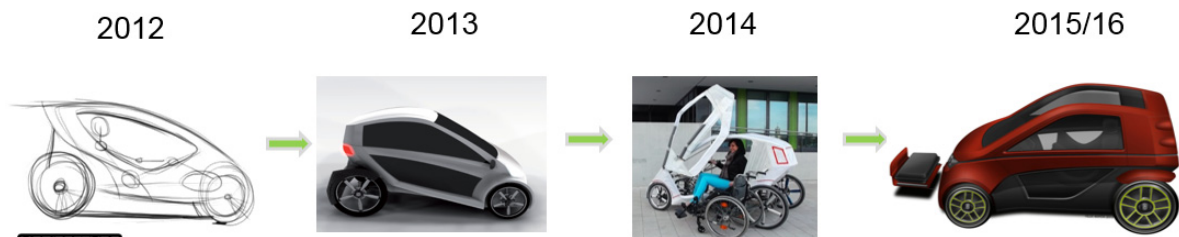


Abbildung 4: Designhistorie ONYX MiO

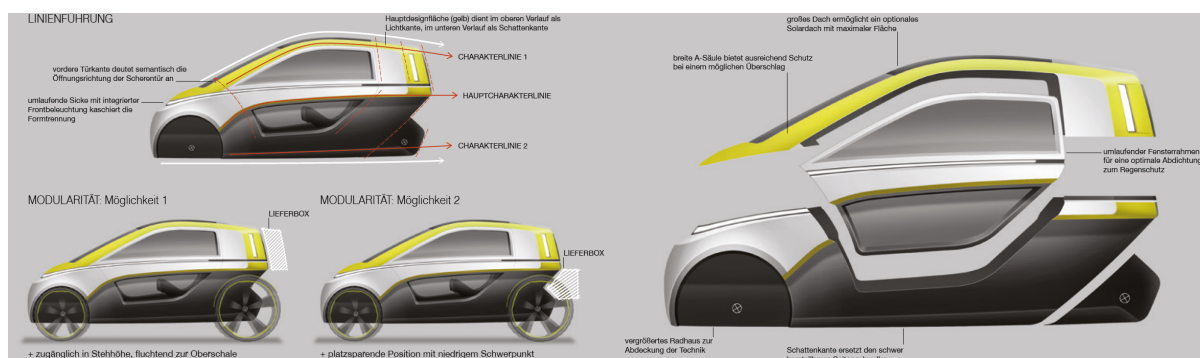


Abbildung 5: Darstellung der endgültigen Linienführung in Bezug auf die Bauteiltrennungen

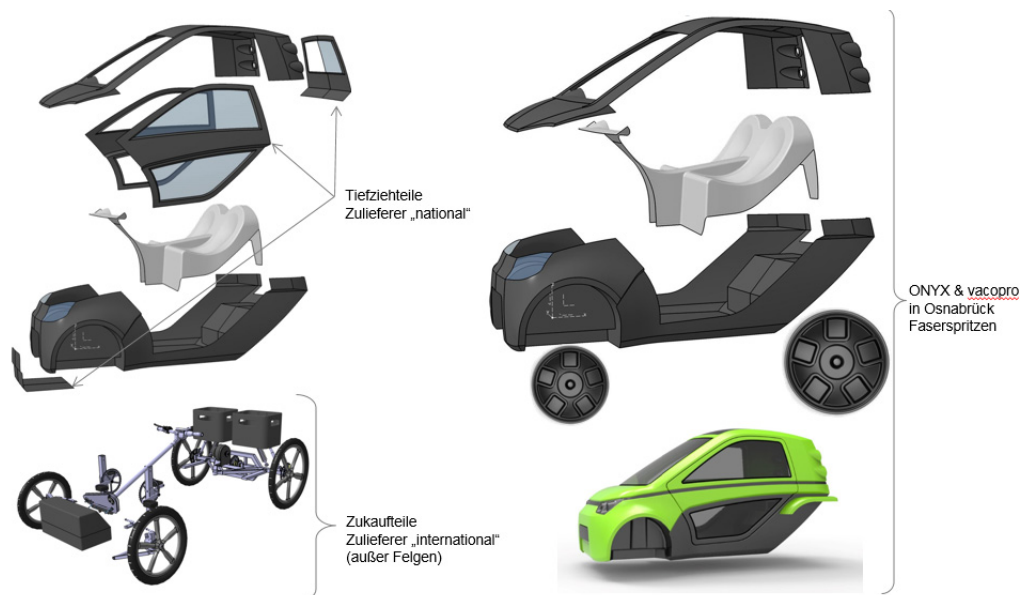


Abbildung 6: Fertigungsstrategie für die detaillierte konstruktive Ausarbeitung

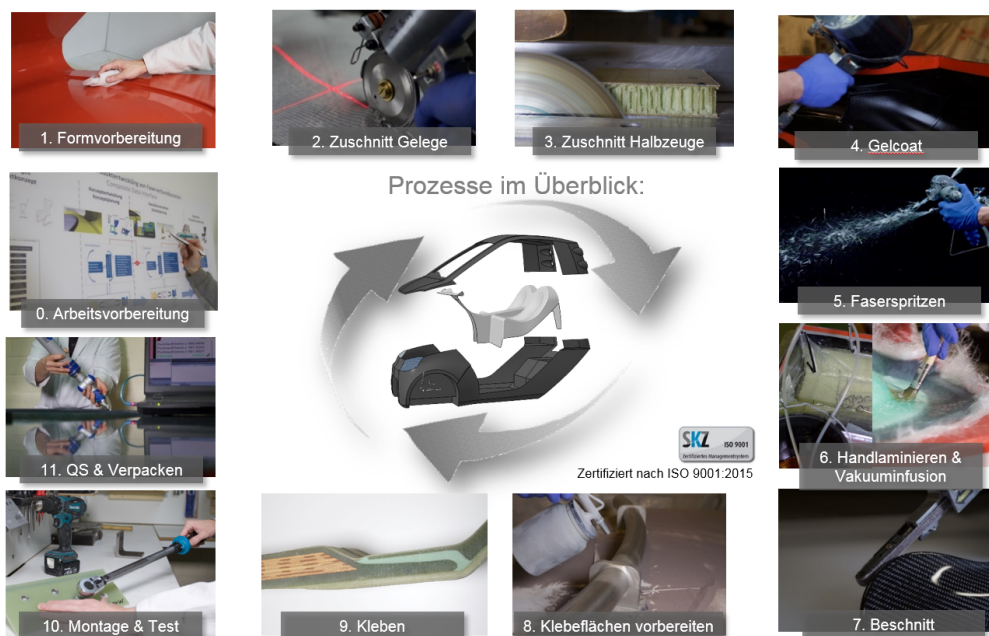


Abbildung 7: Darstellung der Prozessrandbedingungen für die Bauteilkonstruktion

Die Bauteilkonstruktion

Im Rahmen der Bauteildetailkonstruktion wurden die Vorgaben aus dem Designprozess inkl. Ergonomie und Zulassungsvorgaben sowie der Herstellungsrandbedingungen mittels CAD in produzierbare Form gebracht.

Hierbei wurde im ersten Schritt jedes Bauteil an sich auskonstruiert und z.B. die Materialstärke, die Materialart und zu integrierende Komponenten, wie zum Beispiel Kabelhalter oder Scharniere konstruktiv detailliert ausgearbeitet und ggf. miteinander vereint.

Parallel mussten aber auch alle angrenzenden Bauteile im sogenannten Package-Prozess auf Kompatibilität zueinander geprüft werden. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Definition des Fugenbildes aller zu fügenden und zu einander bewegten Bauteile, siehe hierzu Explosionszeichnung Abbildung 10.

Am Beispiel einer Schnittdarstellung des Bereichs Türscharnier (Abbildung 8) kann die Komplexität dieses Prozesses gut nachvollzogen werden.

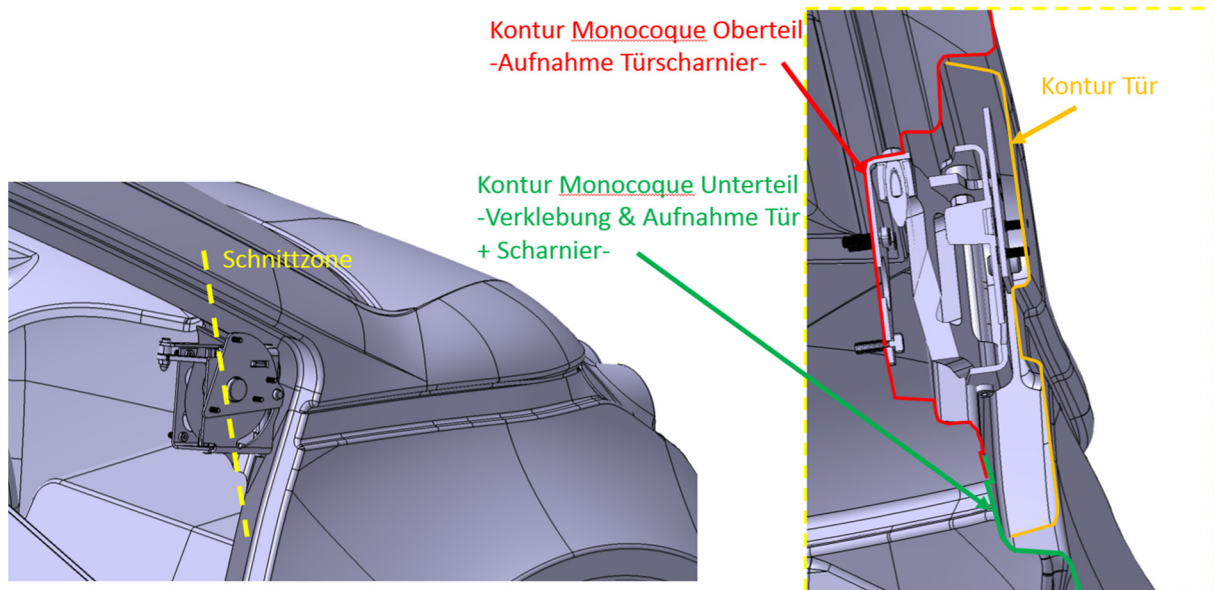


Abbildung 8: Schnittdarstellung Türscharnier rechts

In diesem Fall musste das Fugenbild Tür zu Monocoque Oberteil (Orange zu Rot) und Tür zu Monocoque Unterteil (Orange zu Grün) auf die besonderen Anforderungen der Türfunktion eingestellt werden. Um auch in engen Parklücken ein- und aussteigen zu können, wurde das Lamborghini-Prinzip auf das Türscharnier angewendet. Somit ist es möglich die Tür beim Öffnen gleichzeitig nach oben zu schieben und den Türausstieg ohne weiteres Öffnen der Tür zu vergrößern. Parallel soll dieses Prinzip durch einen automatischen Öffnungsmechanismus ergänzt werden, um älteren und gehbehinderten Personen den Ein- und Ausstieg zu erleichtern.

Für die Auslegung der Fugenbilder und Materialstärken ergab sich dadurch ein komplexes kinematisches System, welches unbedingt ein kollisionsfreies Öffnen und Schließen garantieren muss. Das Ergebnis der Konstruktion wird am fertigen Prototyp in

Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 9: Darstellung Türfunktion und Fugenbild



Abbildung 10: ONYX MiO Prototyp für die Fertigung und Montage auskonstruiert

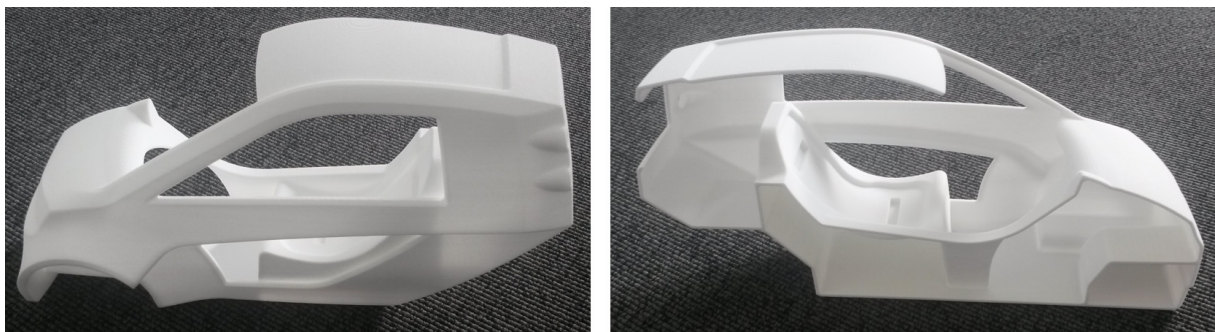


Abbildung 11: Designkontrollmodell im Rapid-Prototyping-Verfahren (Format 1:5)

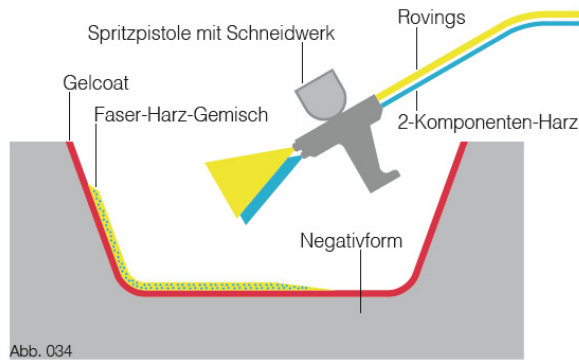


Abbildung 12: Funktions- und Ergonomiekontrollmodell in Holzbauweise (Format 1:1)

3.1.2 Werkzeugkonstruktion

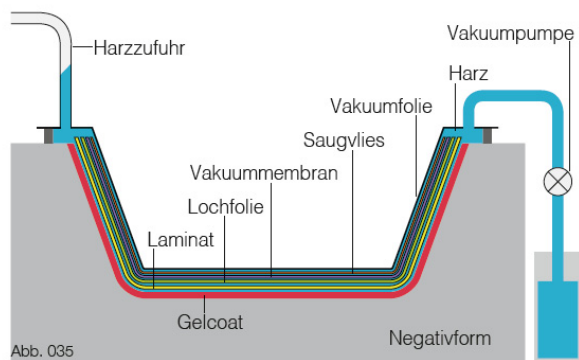
Mittels der Informationen aus der Bauteilkonstruktion konnten die Produktionswerkzeuge für die Fertigung des ersten Prototyps und die geplante Kleinserie (ca. 100 – 400 Einheiten) erstellt werden. In diesem Entwicklungsstadium wurden die Werkzeuge auf Basis von gefrästen Kunststoffplatten aus Polyurethan konzeptioniert. Die gefrästen und sogenannten Positivmodelle bilden die Urform von der dann mehrere Negativformen aus GFK für die Produktion der Bauteile hergestellt werden können. Diese GFK-Kunststoffformen können für die Herstellungsprozesse „Handlaminieren“ und „Vakuuminfusion“ für die Kleinserienfertigung genutzt werden. In Abbildung 13 werden diese beiden Herstellungsverfahren dargestellt.

Im Rahmen der Erstellung des Businessplans mit dem Ziel eine Großserie (≥ 5.000 Stk/Jahr) zu kalkulieren war es aber nötig auch großserientaugliche Prozesse und Werkzeuge zu untersuchen. Hierfür sind entsprechend haltbarere Werkzeug- und Materialkonzepte notwendig. In Abbildung 14 werden die beiden favorisierten Prozesse „SMC“ und „RTM“ beschrieben.



Faserspritzen (Kleinserie, bis 400 Einheiten p. a.)

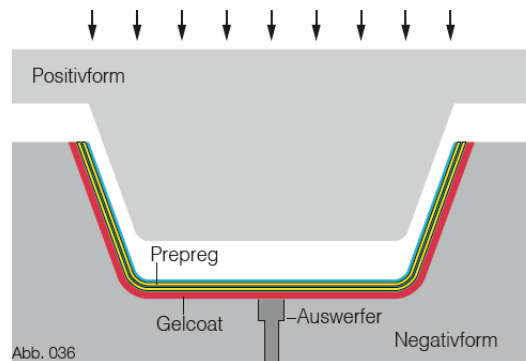
Faserverbundwerkstoffe entstehen aus der Kombination von zugfesten Fasern (z.B. Glas-, Kohlenstofffasern) sowie aus einer bettenden Matrix (z.B. Epoxidharz). Die eingesetzten Fasern sorgen hierbei für die gewünschte Festigkeit sowie für die Steifigkeit des Bauteils. [017] Beim Handlaminieren werden in eine Negativform des Bauteils abwechselnd eine Harz- sowie eine Faserschicht aufgebracht und hierbei entstehende Luftblasen anschließend mit einer Anpressrolle entfernt. Das Verfahren des Faserspritzens ist weniger zeitintensiv und ermöglicht eine schnellere Taktung beim Produktionsprozess. Hier werden in dem Schneidwerk einer Faserspritzpistole die Rovings (Glasfaserstränge) zerteilt und durch Spritzfächer mit 2-Komponenten-Harz (Harz und Härter) benetzt. Vor dem Aushärten wird das Bauteil mit einer Entlüftungsrolle verdichtet. [018]



Vakuuminfusionsverfahren (bis 400 Einheiten p. a.)

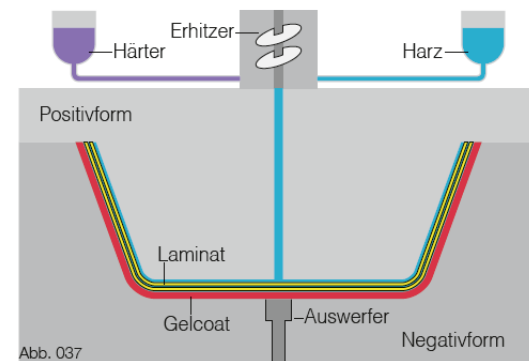
Wie beim Handlaminieren und Faserspritzen wird bei dem Vakuuminfusionsverfahren eine Negativform des herzustellenden Bauteils erstellt. Die Oberfläche dieser Form entspricht der späteren sichtbaren Seite des Bauteils. Um dieses nach dem Laminieren entnehmen zu können, wird in einem ersten Schritt ein Trennwachs aufgetragen. Nun wird die Form mit einem Gelcoat beschichtet, auf welchen abwechselnd ein zuvor passgenau geschnittenes Fasergewebe gelegt wird. Eine Lochfolie, ein Vakuummembran sowie ein Saugvlies werden aufgebracht und mittels einer Vakuumpumpe abgedichtet. Nun evakuiert eine Vakuumpumpe die Luft und ein niedrigviskoses Harz wird mit Unterstützung vom Saugvlies durch den Aufbau geleitet. Vakuummembran und Lochfolie stoppen das Harz, welches im Anschluss bei hoher Temperatur aushärtet. [019]

Abbildung 13: Darstellung der Kleinserienfertigungsverfahren



SMC / Sheet Mould Compound (Großserie)

Das SMC-Verfahren eignet sich besonders für die Herstellung von Bauteilen in großen Stückzahlen. Während des Produktionsprozesses werden Prepregs verwendet. Bei diesen handelt es sich um im Vorfeld erstellte und mit Harz vorgetränkte Verstärkungsfasern. Da sich das Harz erst durch Erwärmen verflüssigt, wird das Prepreg gekühlt gelagert. [020] Das SMC-Verfahren ist ein Heißpressverfahren, bei welchem die Prepregs in eine Negativform gelegt werden. Diese wird meist aus Stahl gefertigt und während des gesamten Vorgangs beheizt. [021] Vor dem Bestücken der Form ist es möglich, einen Gelcoat aufzubringen. Im Anschluss an die manuelle oder vollautomatische Bestückung schließen sich die Formwerkzeuge und unter immensum Druck des Positiv-Werkzeugs auf das Prepreg beginnt das Harz zu fließen und härtet zu dem fertigen Bauteil aus.



RTM / Resin Transfer Moulding (Großserie)

Das RTM-Verfahren (Resin Transfer Moulding) ermöglicht neben dem SMC-Verfahren ebenfalls eine deutlich höhere Taktung bei dem Herstellungsprozess. Dieser lässt sich in vier Einzelschritte aufteilen. Im ersten Schritt wird ein passgenaues Fasergelege in die Negativform eines zweigeteilten Bauteils eingebracht. Im Gegensatz zu dem SMC-Verfahren sind Prepregs hierbei nicht notwendig. Der Zuschnitt des Geleges kann manuell oder vollautomatisch erfolgen. Nun schließen sich die beiden Werkzeughälften und das Harzsystem, bestehend aus Harz und Härter, wird dem Gelege zugeführt und durchtränkt dieses vollständig. Sobald sämtliche Luftschlüsse entfernt sind, wird die Entlüftung der Kavität verschlossen. [022] Nachdem das Bauteil unter Druck vollständig ausgehärtet ist, öffnet sich die Form und ein Auswerfer wirft das fertige Werkstück aus.

Abbildung 14: Darstellung großserientauglicher Prozesse

3.1.3 Fräsrohlinge

Der nächste Schritt vor dem Fräsen der Positivformen war die Konstruktion der Fräsrohlinge. Diese Rohlinge wurden mittels Standard-Polyurethanklötzen nach dem LEGO-Prinzip konstruiert und dann von Hand mittels Verklebung gefügt. Der verklebte Rohling wird grundsätzlich mit einem Übermaß von 10 – 30 mm gefertigt, sodass beim Kleben auftretende Toleranzen ausgeglichen werden und keine Fehlstellen in der gefrästen Oberfläche des Positivmodells auftreten. In Abbildung 15 wird am Beispiel

des Monocoque Oberteils dieser Schritt dargestellt. Die grün hervorgehobenen Linien sind die Konturaußenbereiche des fertigen Bauteils. Diese werden mittels einer minimalen Fräsnut (≤ 1 mm) in der Negativform gekennzeichnet und auf das GFK-Werkzeug übertragen. So wird beim Handbeschnitt ein genaues und schnelles Arbeiten ermöglicht.

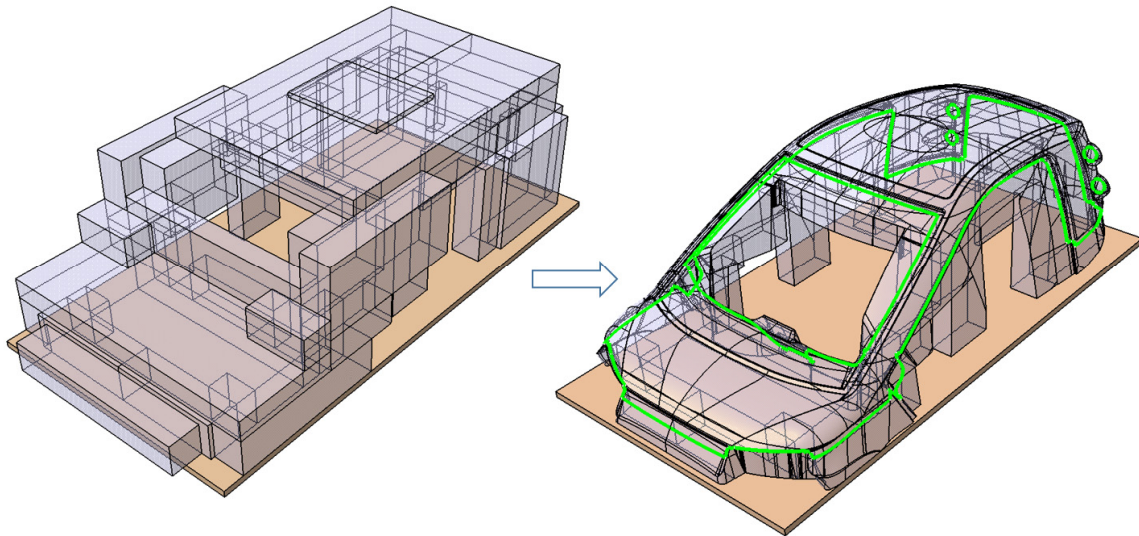


Abbildung 15: Vom CAD-Klotzmodell (Rohling) zum Positivmodell

In Abbildung 16 wird die schrittweise Verklebung der Plattenzuschnitte auf der Grundplatte aus Schichtholz dargestellt.

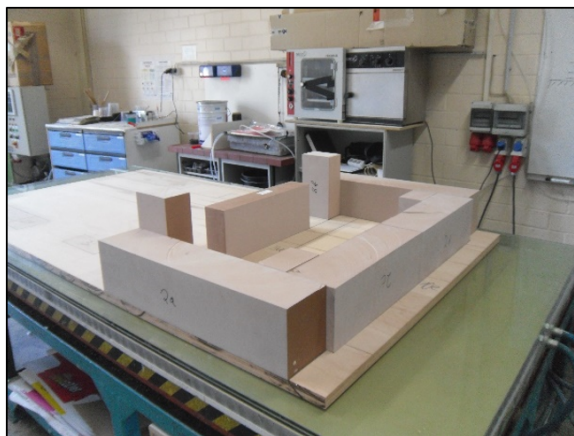


Abbildung 16: Schrittweise Aufbau und Verklebung des Fräsrohlings aus PU-Kunststoffblöcken

3.1.4 Gefräste Positivmodelle

Die gefrästen Positivmodelle wurden bei einem externen Zulieferer angefertigt. Um Kosten zu sparen wurden die Positivmodelle mit „roher“ Oberfläche angeliefert und vom Entwicklungsteam nachbehandelt. Das heißt, dass alle Flächen kontrolliert und kleine Fehlstellen mit Spachtel ausgebessert wurden. Anschließend folgt ein stufenweises Feinschleifen bis zur Körnung 400.



Abbildung 17: Gefräste Positivform Monocoque Unterteil inkl. Probesitzen

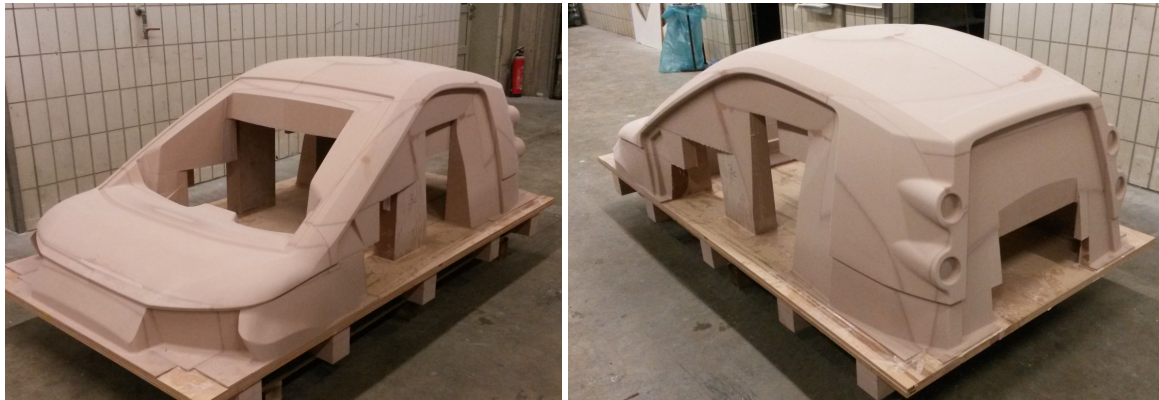


Abbildung 18: Gefräste Positivform Monocoque Oberteil

3.1.5 GFK-Produktionswerkzeug

Mit der 400er Oberfläche ging es dann in den GFK-Werkzeugbau, welcher mit dem Versiegeln der Oberflächen begann, um alle Poren im Kunststoff zu verschließen. Dieser Prozess wurde 2-3 Mal wiederholt, um darauf aufbauend die Flächen mit Trennwachs behandeln und polieren zu können. Diese Vorarbeit war natürlich sehr aufwendig, gilt aber als wichtigster Prozessschritt, um für die Kleinserie glatte und langlebige GFK-Werkzeugoberflächen herstellen zu können.

Da die Bauteilgeometrien, speziell bei den Monocoque-Komponenten sehr aufwendig und komplex sind, war es notwendig mehrteilige GFK-Formen herzustellen, um so die Entformung trotz „hinterschnittiger“ Geometrien zu gewährleisten. Wie in Abbildung 19 zu erkennen, sind 5 Werkzeugelemente notwendig, um das Bauteil Monocoque Oberteil zu fertigen und entformen.

Um diese Einzelformen definieren zu können, mussten sogenannte Trennebenen entworfen werden. Diese wurden als CAD-Modell in Abstimmung mit dem Design abgeleitet, wobei auf eine einfache Herstellung der Formen sowie auf die Vermeidung von Hinterschnitten geachtet werden musste.

Weiterhin sollten die Einzelformen möglichst große und einfache Verbindungsflächen zu den anderen Formteilen aufweisen. Diese CAD-Daten wurden dann abgeleitet und ausgedruckt, sodass Trennebenen aus Holz davon gefertigt werden konnten. Diese Trennebenen wurden nun auf dem Positivmodell angebracht und die gesamte Oberfläche des Bauteilbereiches mit Wachs eingetrennt.



Abbildung 19: Darstellung des Trennebenenaubaus am Bsp. Monocoque-Oberteil

Zur vereinfachten Montage und exakten Positionierung der GFK-Werkzeuge wurden Zentrierhilfen auf die Trennebenen geklebt. Diese bestehen aus einer Kunststoff-Halbkugel und positionieren die Werkzeigteile später zueinander an 2-3 Positionen der Schraubflächen.



Abbildung 20: Montage der Trennebenen und Zentrierhilfen

Zu Prozessbeginn der GFK-Werkzeugherstellung wurde der Positiv-Modellbereich inkl. der Trennebenen im abgeklebten Bereich mit einer Gelcoat-Schicht (BÜFA Tooling Gelcoat) benetzt. Diese erste Schicht stellt die spätere Werkzeugoberfläche dar und muss absolut fehlerfrei sein. Auf die aufgespritzte Gelcoat-Schicht wurde kurz nach dem Anziehen (das bedeutet, dass der Gelcoat beginnt, auszuhärten) die erste Faserschicht aufgebracht. Da die Glasfaser-Matten jedoch ein gewisses Rückstellmoment besitzen, konnten diese nicht direkt in die kleinen Ecken gelegt werden.



Abbildung 21: Erste Gelcoat-Schicht (li.) mit erster Laminatschicht (re.)

Zu diesem Zweck wird eine faserverstärkte Bonding Paste (Kleberpaste) mit einer Spritztüte in die Kanten sowie in kleinen Radien aufgebracht und mit einem Pinsel glattgestrichen, sodass eine Hohlkehle (ähnlich der Form einer Schweißnaht) entsteht. Diese formt so einen größeren Kurven-Radius, an welchem die Glasfasern später anliegen.

Wird sie weggelassen stellt sich die Matte aus den Kanten zurück und hinterlässt einen Hohlraum. Diese Lunker brechen beim Entformen auf und sind, besonders bei Freiformflächen, nur sehr schwer zu reparieren, da sie sich ja an den Kanten befinden und nicht mittig in einer Fläche. Die Bonding-Paste ist ein

Harz, welches mit kleinen Glasfaser-Filamenten vermischt ist. Sie kann, aufgrund der ungerichteten und sehr kurzen Fasern, nicht so viel Kraft aufnehmen wie ein richtiges Laminat, ist aber einfach aufzubringen und nicht so spröde wie einfaches Harz ohne Fasern.

Die folgende Schicht Laminat besteht aus zwei Lagen Glasfaservlies zu je 150 g/m². Es wurde ein recht dünnes Vlies verwendet, da der Gelcoat auch in der flüssigen Form recht dickflüssig ist und ein dickeres Vlies nicht so einfach zu tränken war. Die Fasern der ersten Schicht wurden benötigt, damit man den Gelcoat anrauen kann, ohne Fasern wäre er zu zäh. Das Anrauen ermöglichte eine gute Verbindung zu der folgenden Harzschicht, wird es weggelassen besteht die Gefahr des Delaminierens (Ablösen der Schichten untereinander).

Zur Sicherheit gegen Lunker sowie zum nachfolgend erleichterten Aufbringen des Laminats mit dickeren Vliesmatten wurde in die Kanten wiederum Bonding-Paste aufgetragen.

Der Materialaufbau für die benötigte Steifigkeit und Festigkeit wurde durch Glasfaservlies mit einem Flächengewicht von 450 g/m² vorgenommen. Die gesamte Schichtdicke sollte, je nach Anforderung und Größe des Werkzeug-Segmentes 10 bis 20 mm betragen, um die Form eine ausreichende Formstabilität auszustatten.



Abbildung 22: Eckverstärkungen mit Bonding paste und Laminieren der Glasfaserlagen

Als Faustformel lässt sich festhalten, dass eine Lage Glasfaser im Handlaminierverfahren etwa 1 Millimeter entspricht, es wurden also 10 bis 20 Schichten Laminat benötigt. Da das Harz nach einer gewissen Zeit (temperaturabhängig, bei Raumtemperatur ca. 2.5 h) aushärtet, mussten die Schichten, je nach Anzahl der laminierenden Personen und deren Geschwindigkeit, in mehreren Arbeitsprozessen aufgetragen werden.



Abbildung 23: Frisch laminiertes WKZ-Segment (re.) und das voll ausgehärtete Element (li.)

Prinzipiell können 6 bis 10 Lagen am Stück laminiert werden, wonach das Material in einer exothermen Reaktion aushärtet und bis zum nächsten Tag gewartet werden muss, bis die Reaktion vollständig abgeklungen und das Bauteil vollständig ausgehärtet ist. Ein Formsegment benötigte daher 2 bis 3 Tage zum Aufbringen und Aushärten des Handlaminates. Das resultierende Handlaminat besteht aus Glasfaservlies und einem speziellen Toolingharz. Das verwendete Büfa Resin UP Tooling 1974 hat die Eigenschaft, bei Temperaturen von 50 bis 70 Grad ohne Volumenänderung auszuhärten. Das bedeutet

im Werkzeugbau, dass das Bauteil durch das Aushärten keine Spannungen erhält und somit auch nach dem Lösen vom Modell formstabil bleibt. Dies ist wichtig, um die Bauteile in den gesetzten Toleranzgrenzen fertigen und montieren zu können, so wie in Abbildung 24 dargestellt.



Abbildung 24: GFK-Werkzeugsegment Monocoque-Seitenteil unten rechts

Wie in Abbildung 25 dargestellt, wurde dieser Prozess für alle späteren Composite-Bauteile durchgeführt. Die Ausnahmen waren die Bauteile Nr. 3 „Sitzmodul“, Nr. 9 „Motorabdeckung“ und Nr. 10 „Abdeckung Technik“. Diese Bauteile waren zum Projektzeitpunkt konstruktiv noch in der Bearbeitung und wurden aus Zeit- und Kostengründen auf Basis von handgefertigten Holzwerkzeugen in einfacher und vorläufiger Geometrie umgesetzt.

Im Rahmen der Testphase und Fahrzeugoptimierung sollen diese Bauteile dann endgültig in CAD umgesetzt werden, um daraufhin kleinserientaugliche GFK-Werkzeuge ableiten zu können.

Werkzeugbau & Fertigung Composite-Teile "ONYX MIO"														
Bauteil														sonst. Verkleidungen Leistung & Elektronik hinten
Status	1. Bauteilkonstruktion													
	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	in Bearbeitung	in Planung	in Planung	
	2. Werkzeugkonstruktion													
	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	in Bearbeitung	in Planung	in Planung	
	3. Fräsrohlinge													
	erledigt	erledigt	in Planung	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	erledigt	in Planung	in Planung	in Planung	in Planung	
Status	4. Gefrästes Positivmodell													
	erledigt	erledigt	in Planung	erledigt	in Bearbeitung	erledigt	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	in Planung	in Planung	in Planung	in Planung	
	5. GFK Produktionswerkzeug													
erledigt	in Bearbeitung	in Planung	in Bearbeitung	in Planung	erledigt	erledigt	in Bearbeitung	in Planung	in Planung	in Planung	in Planung	in Planung	in Planung	
Status	6. Erstes Prototypenteil (Handlaminat oder Faserspritzteil)													
	KW 9	KW 10	KW 11	KW 12	KW 13	KW 14	KW 15	KW 16	KW 17	KW 18	KW 19	KW 20	KW 21	in Planung
Priorität	A	A	A	B	B	B	B	B	A	C	C	C	C	C
Frästermine	erledigt	erledigt	nicht notwendig	KW 6	KW 5	erledigt	erledigt	erledigt	KW 7	KW 8	KW 8	KW 8	KW 8	nicht notwendig

Abbildung 25: Übersicht der Composite-Bauteil-spezifischen Prozesse bis zum Prototyp

3.1.6 Prototypenfertigung Monocoque

Der Herstellungsprozess der Monocoque- und Anbauteile im Vakuuminfusionsverfahren soll hier exemplarisch anhand des Bauteils Monocoque Unterteil dargestellt werden.

Grundlage für die Fertigung ist neben der formgebenden Geometrie durch das Werkzeug der Bauteil-spezifische Materialaufbau. Dieser wurde durch vorläufige Berechnungen mittels der Finite Elemente Methode (FEM) und auf Basis der Erfahrungen aus Vorgängerprojekten (Monocoque Windexplorer, RoadKart, Hanfbike etc.) entwickelt. Die im Prototyp verbauten Materialstärken sind in Abbildung 57 dargestellt. Der Materialaufbau wurde für die Fertigungsplanung anhand von bebilderten CAD-Darstellungen dargestellt.

Das erste Prototypenfahrzeug wurde im Materialmix GFK-CFK zur Darstellung der wirtschaftlichen Ziele ausgelegt. Um parallel aber schon die Gewichtsziele erreichen zu können wurden teilweise auch CFK-Materialien eingesetzt. Für die Serie haben die Voruntersuchungen ergeben, dass ein Markterfolg nur über einen keinen Einstiegspreis möglich ist. Somit ist das Material GFK vorläufig gesetzt.

Die Naturfaserverstärkten Kunststoffe (NFK) wurden, trotz der aktuell noch sehr hohen Kosten und schwierigen Prozessbedingungen, im Rahmen der zweiten Monocoque-Fertigung verwendet, um das technische und ökologische Potential im Rahmen dieser Projektphase aufzuzeigen.

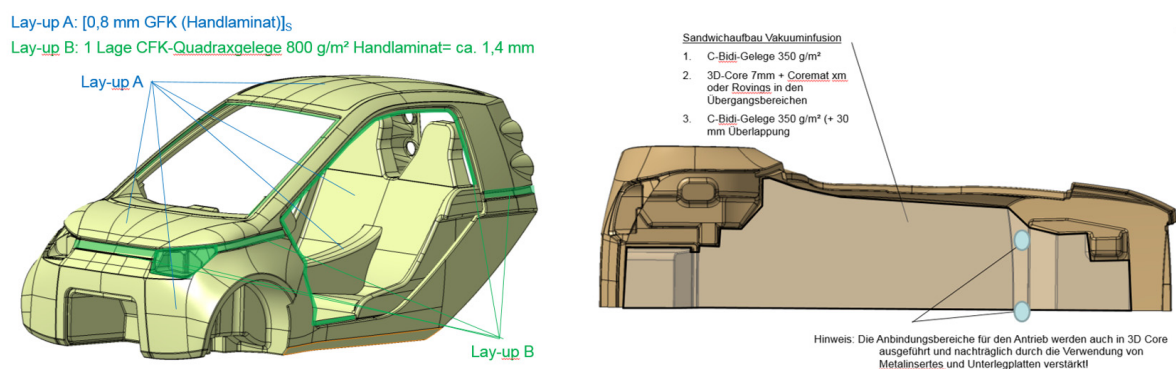


Abbildung 26: Exemplarische Darstellung des Materialaufbaus „Plybook“ für die Fertigungsplanung

Prinzipiell wurden für jeden Fertigungsplan in 6 Schritten die Materialklassen Abbildung 27 und die Herstellungsreihenfolge als sogenanntes „Plybook“, siehe Abbildung 26, definiert.

Vorläufige Materialauswahl (siehe Materialdatenblätter im Anhang)

1. Gelcoat: BÜFA „Arctic“ in gewünschtem-RAL Ton (HDT 90°C)
2. Harz:
 - a. DSM „PALATAL U 570“ Faserspritz- und Handlaminiersystem (HDT 90°C)
 - b. Handlaminierharz mit längerer Topfzeit
 - c. UP-Infusionsharz
3. Verstärkungsfasern:
 - a. E-Glas (Matte 150 g/m² & Matte 450 g/m²)
 - b. C-Fasergelege (Bidi 350 g/m², Q 800 g/m² & UD 600 g/m²)
4. Kernmaterial:
 1. FS 100 (PU-Schaumspühen aus der Dose)
 2. 3D Core in Vakuuminfusion
 3. Alternativ Coremat in Handlaminierverfahren
5. Kleber:
 1. Variante A „BÜFA Bonding paste 110“ (HDT 70°C)
 2. Variante B „Plexus MA425“ (HDT bis ca. 120°C)
6. Topcoat: noch nicht entscheiden, da evtl. nicht notwendig in der Innenschale

Abbildung 27: Aufzählung der 6 Materialklassen für die Composite-Fertigung

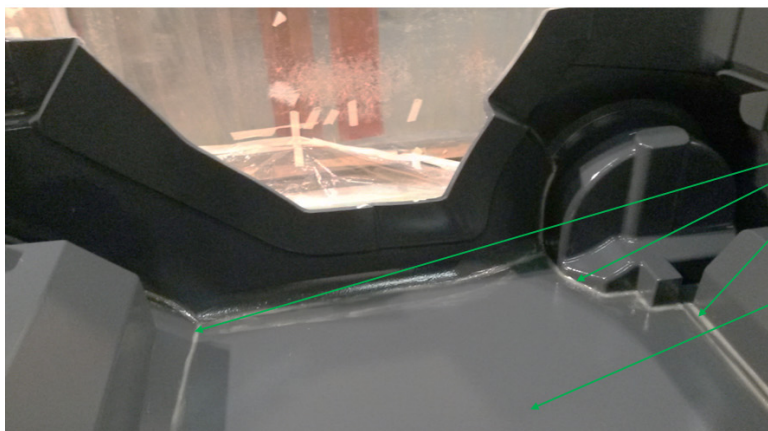
Die Prinzipien der in Abbildung 13 dargestellten Kleinserienverfahren wurden im Prototypenbau in Kombination eingesetzt und teilweise um das Handlaminierverfahren ergänzt. So konnte ohne großen zeitlichen Aufwand auf unvorhergesehene Situation in der Fertigung reagiert werden.

Die Fertigung begann dann grundsätzlich mit dem Zusammenbau, Eintrennen und Abkleben der GFK Werkzeuge.



Abbildung 28: Links: Montiertes GFR-Werkzeuge; Rechts Werkzeugteile und entformtes Bauteil

Im ersten Produktionsschritt wurde dann grundsätzlich ein Gelcoat „Anthrazit“ in das Werkzeug gespritzt und in schwer zugänglichen Bereichen teilweise von Hand gepinselt. Um die Ecken des zukünftigen Bauteils zu verstärken und Luftpneinschlüsse zu vermeiden, wurden diese anschließend mit der schon aus dem Werkzeugbau bekannten Bonding-Paste ausgestattet, siehe Abbildung 29.



Bonding paste-Verstärkungen im Übergang von der Bodenplatte zu den Seitenwänden

Gelcoat „Anthrazit“ in der gesamten Bauteilfläche und den Auslaufzonen

Abbildung 29: Auftrag Gelcoat und Bonding paste am Bsp. Monocoque Unterteil

Nach dem Anziehen der ersten beiden Schichten konnten mit dem Lagenaufbau begonnen werden. Als erste Schicht wurde mit dem Faserspritz- und teilweise dem Handlaminierverfahren ein Lage GFR über den ganzen Bauteilbereich laminiert. Um die zugeschnittenen Einzellagen zu Verstärkung der stark beanspruchten Bereiche in der vorgesehenen Position zu fixieren, wurde zuvor Sprühkleber in diese gesprüht. So konnten dann Schritt für Schritt die Kohlenstofffaserverstärkungen und Kernmaterialien trocken eingelegt werden, siehe Abbildung 30 . Um ein ausgeglichenes Bauteilverhalten zu gewährleisten ist es notwendig einen symmetrischen Lagenaufbau zu fertigen. Heißt in diesem Beispiel, dass als letzte Lage eine der ersten Lage entsprechende Glasfaser- bzw. Kohlenstofffaserlage gelegt wird.

Anschließend wird der Vakuuminfusionsaufbau Abbildung 31 in der Reihenfolge:

1. Abreißgewebe (sorgt für eine gleichmäßige und saubere Oberfläche)
2. Lochfolie (sorgt für ein einfaches Entfernen der Fließhilfe)
3. Fließhilfe (sorgt für einen guten Harzfluss über das ganze Bauteil)
4. Harzkanäle und Harzanschlüsse (verteilen das Harz und können einzeln über Drosseln gesteuert werden)
5. Vakuumfolie und Tacky tape (ermöglichen einen vakuumdichten Aufbau für die Infusion)
6. Vakuumschläuche (saugen Luft aber kein Harz aus dem Bauteil)

Sobald die Vakuumprüfung (5 Min ohne Druckabfall ohne Anschluss an die Vakuumpumpe) durchgeführt war, wurde dann die zuvor berechnete Harzmenge in Eimern gemischt und über die Harzeinlässe in das Bauteil gesaugt.

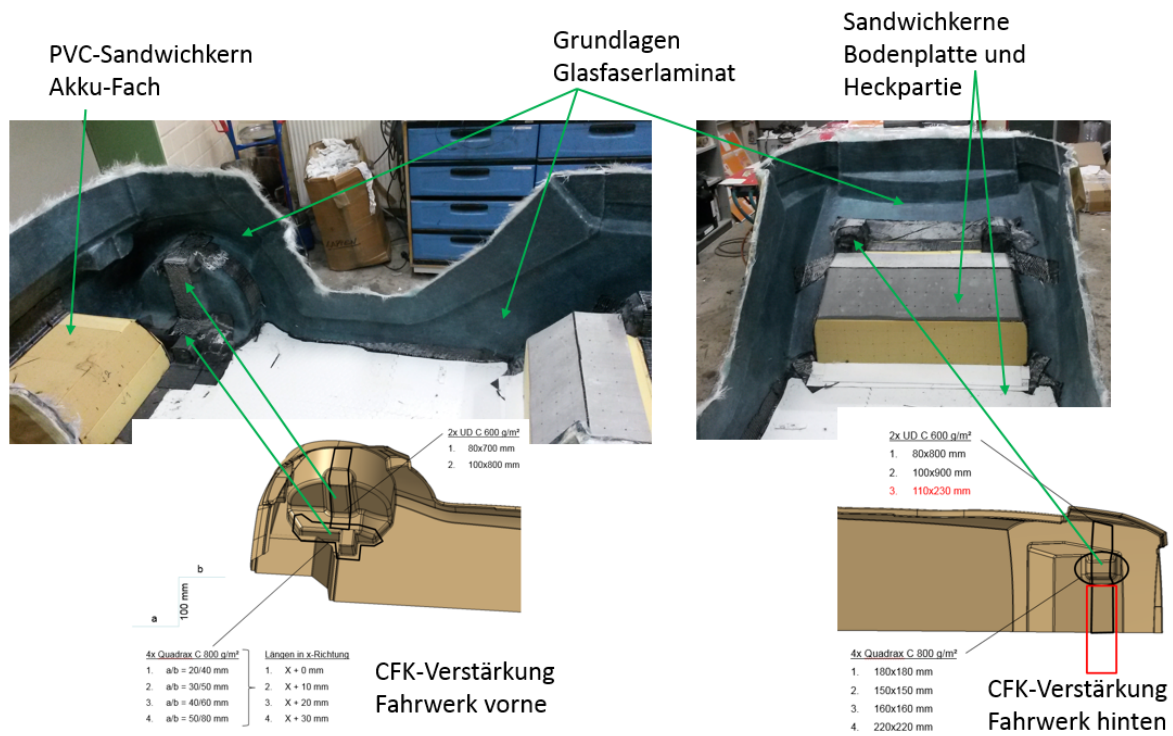


Abbildung 30: Lagenaufbau Monocoque Unterteil



Abbildung 31: Vakuuminfusionsaufbau am Beispiel Monocoque Oberteil

Die Infusionen dauerten je nach Größe des Bauteils zwischen 20 – 90 Min. Anschließend wurden die Bauteile unter Vakuum im Temperofen ca. 6 Stunden bei 60 °C ausgehärtet, um dann entformt werden zu können, siehe Abbildung 28.

Im nächsten Schritt konnten die Bauteile in Bezug auf die Endkontur über die ins Werkzeug eingebrachte Beschnittlinie auf Maß gebracht werden. Um das Ergebnis zu prüfen wurden die Einzelteile gefügt und ggf. nachgearbeitet, siehe Abbildung 32.

Die durch die Schnittstellen der einzelnen Werkzeugelemente entstanden „Trennlinien“ wurde geschliffen und gespachtelt, um die Bauteile anschließend extern lackieren lassen zu können.

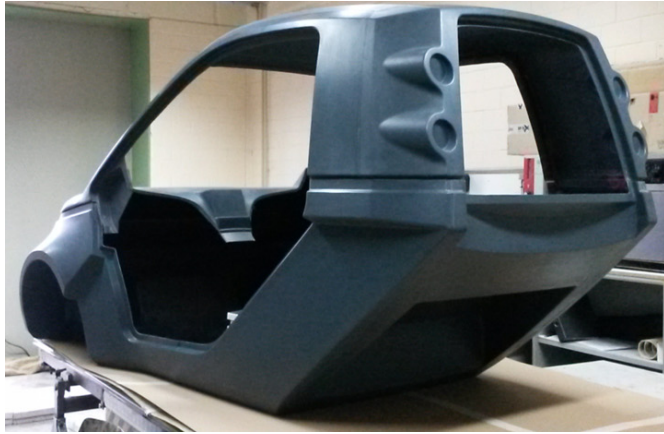


Abbildung 32: Erstmontage der Monocoque-Teile inkl. Probesitzen

Wie unten dargestellt, wurden vor dem Lackierprozess alle Composite-Bauteile gefügt, um die Passgenauigkeit und Funktion zu prüfen.



Abbildung 33: Vormontage Monocoque und Composite-Anbauteile



Abbildung 34: Rechts Grundfarbe Monocque, Rechts: Lackiertes Monocoque

Beim Lackierer wurden alle Flächen nochmals feingspachtelt, grundiert und dann in der vom Designer vorgegebenen Farbkombination lackiert. Den Abschluss bildete eine Klarlackschicht, um den Lack zu schützen und ein hochwertiges Erscheinungsbild zu erzeugen.

In Bezug auf die Serienkalkulation ist zu erwähnen, dass die Bauteile in der Basisausstattung nur in 2-3 Grundfarben (Gelcoat-Varianten) hergestellt werden. Eine Kontrastfarbe kann dann gegen Aufpreis über Folien oder einen, wie am Prototyp gezeigten Lackierprozess, dargestellt werden. Die zweifarbige Lackierung mit Klarlack wird in der Kleinserie voraussichtlich 1.500 € extra kosten.

3.1.7 Monocoque-Fertigung mittel Naturfaserverstärkter Kunststoffe

Aufbauend auf die Erfahrungen bei der Herstellung und der Tests des ersten Monocoques aus GFK und CFK wurden beim zweiten Monocoque im Speziellen nachwachsende Rohstoffe wie Kork, Balsa, für den Sandwichkern und Naturfasern, wie Hanf sowie Flachs, für die Deckschichten verwendet.

Die Fertigung mit NFK wurde im Rahmen einer Abschlussarbeit an der Hochschule Osnabrück mit dem Titel „Fertigungsanalyse zum Bauteil „Monocoque“ für ein Ultraleicht-E-Mobil hinsichtlich der verwendeten Materialien und deren Einfluss auf die Ökobilanzierung“ dokumentiert.

In Phase 2 des Entwicklungsprojektes wurden die 3 Produktlebensphasen (siehe Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040ff) Herstellung, Nutzung und Entsorgung/Recycling und die Auswirkungen der Materialwahl des ONYX MiO in Bezug auf die Gesamtemissionen der Fahrzeugnutzung untersucht.

Es konnten die größten Einsparungen über den Leichtbau im Rahmend er Nutzungsphase aufgezeigt werden, allerdings auch ein Potential in der Herstellung und Entsorgung bei der Verwendung von NFK. Ziel war es in Phase 3, die aufgezeigten Einsparungen im Rahmen der Herstellung und Entsorgung der NFK-Bauteile technisch umzusetzen und wirtschaftlich zu bewerten.



Abbildung 35: Links: Monocoque in NFK-Bauweise, Rechts: NFK-Heckklappe



Abbildung 36: Optik NFK-Monocoque

Wie in Abbildung 36 zu sehen, wurde das Monocoque sowie alle Composite-Anbauteile in NFK umgesetzt. Das Gewicht liegt, wie zuvor berechnet, etwas über der ersten Variante. Aktuell befindet sich das Fahrzeug noch im Aufbau, somit können noch keine Aussagen über die dynamischen Eigenschaften getroffen werden. Allerdings konnte festgestellt werden, dass die Oberflächen, speziell in den Radienbereichen Luftschlüsse aufweist. Dies bedeutet Nacharbeit vor dem Lackieren und somit Mehrkosten. Auch der wirtschaftliche Vergleich fällt aktuell noch negativ aus, da die NFK-Materialien teuer sind als die herkömmlichen Composite-Werkstoffe. Parallel sind die NFK-Materialien von der Verarbeitung anspruchsvoller was auch wieder zu mehr Zeitaufwand führt.

Allgemein lässt sich sagen, dass die technischen Voraussetzung gegeben sind Strukturbauteile mittels NFK zu fertigen, jedoch die Wirtschaftlichkeit noch nicht gegeben ist. Somit wurde entschieden ab Fahrzeug Nr. 3 vorerst mit preiswerten GFK-Materialien zu fertigen und somit den Fokus auf Einsparungen über die Nutzungsphase des Produktes zu setzen.

3.1.8 Detailkonstruktion Scheiben

Um die Gewichtsziele zu erreichen, wurde ein Minimalkonzept für die Zulassungsfähigkeit nach L6e & L7e in Kombination mit optimalen Kundennutzen entwickelt. Entsprechend wurde nur die Windschutzscheibe (WSS) in Verbundsicherheitsglas (VSG) ausgeführt und die Seiten- und Heckscheiben mit Kunststoffscheiben dargestellt.

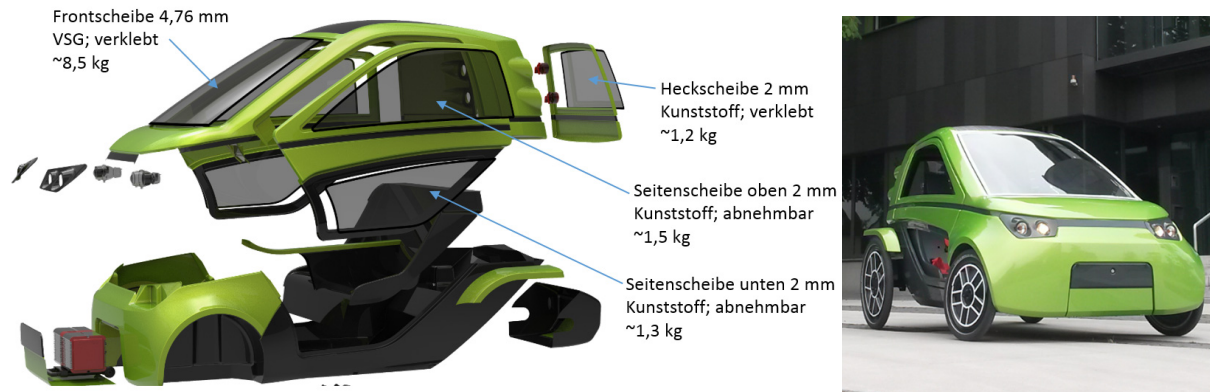


Abbildung 37: Rechts, Scheiben im ONYX MiO-CAD Modell; links, verbaute WSS im MiO Prototyp Windschutzscheibe mit Glas nach R-43

Nach Abstimmung mit dem Scheibenhersteller wurde sich auf eine 4,76 mm starke VSG-Scheibe verständigt. Dies ist in Bezug auf das Kostenziel für den Serienstart (< 50 €/Stk. ab 200 Einheiten/Jahr) und nach aktuellen Stand der Technik die minimale darstellbare Materialstärke.

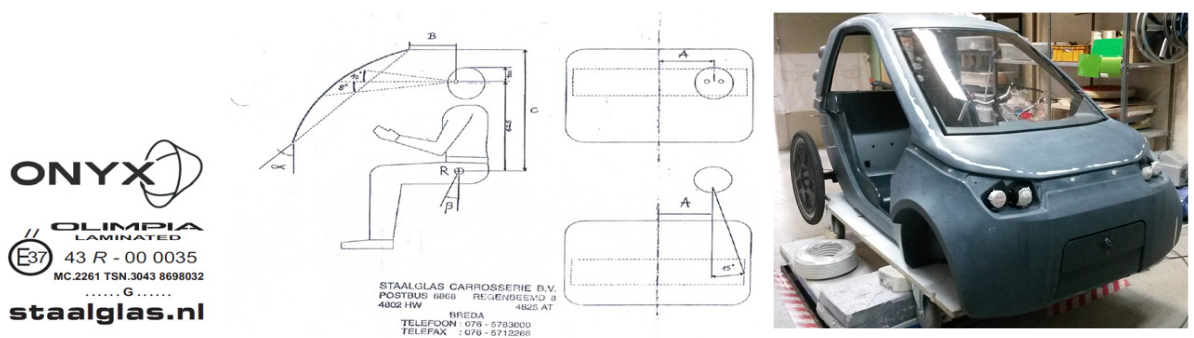


Abbildung 38: Links: E-Markierung und Vorgaben des Einbauwinkels und die Position des Fahrers für die Homologation der Scheibe nach 43-R. Rechts: Erstes Einsetzen der Scheibe ins Monocoque.

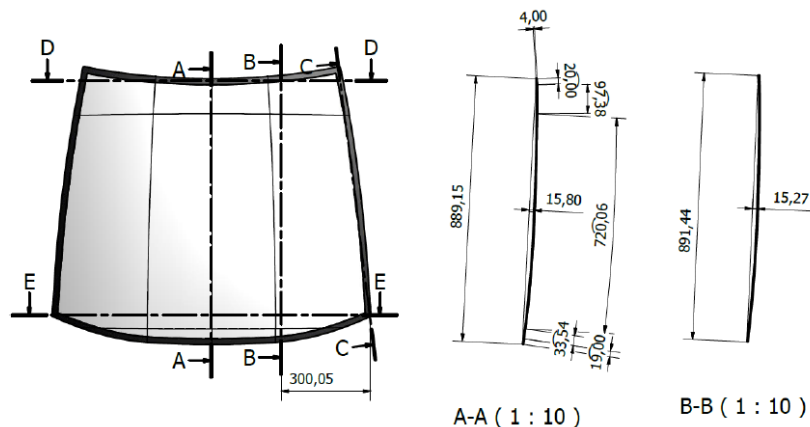


Abbildung 39: Darstellung der maximalen Scheibenbiegung

Die Seitenscheiben konnten in Abstimmung mit der DEKRA für die Einzelabnahme und Versuchszwecke in Kunststoffausführung verbaut werden. Aktuell werden unterschiedliche Materialtypen wie Makrolon (PC) Polycarbonat oder Plexiglas „Resist“ (PMMA) für die Anwendung getestet. Welche Materialien für die L6e-Zulassung in Serienfertigung genutzt werden dürfen, ist in Zukunft mit der DEKRA und dem KBA zu klären.

3.1.9 Detailkonstruktion der Aufnahme des "Akku2Go" im Monocoque-Frontbereich

Ziel des Akku2Go-Konzeptes ist eine seriensichere und ergonomisch akzeptable Aufnahme- und Entnahme des Akku2Go's zu gewährleisten. Der Aufbau des Akku2Go's wird detailliert unter 3.1.7 beschrieben. Zusammen mit dem Zulieferer Commeo wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit alle Randbedingungen untersucht und ein zu „Projektphase 2 optimierter Prototyp entwickelt. Aktuell befindet sich dieser im „Handlings-Test“ (stromlos), um anschließend im Fahrzeugbetrieb getestet werden zu können.

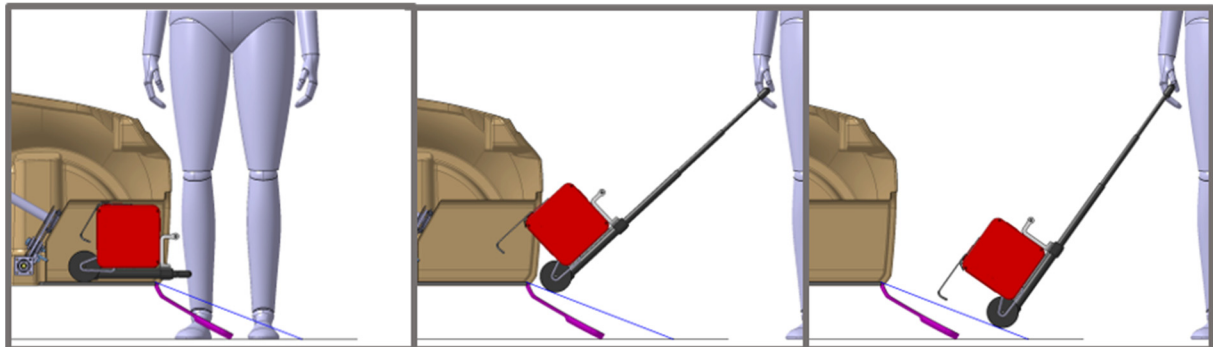


Abbildung 40: Entnahme Akku2Go aus der Monocoque-seitigen Aufnahme; Commeo

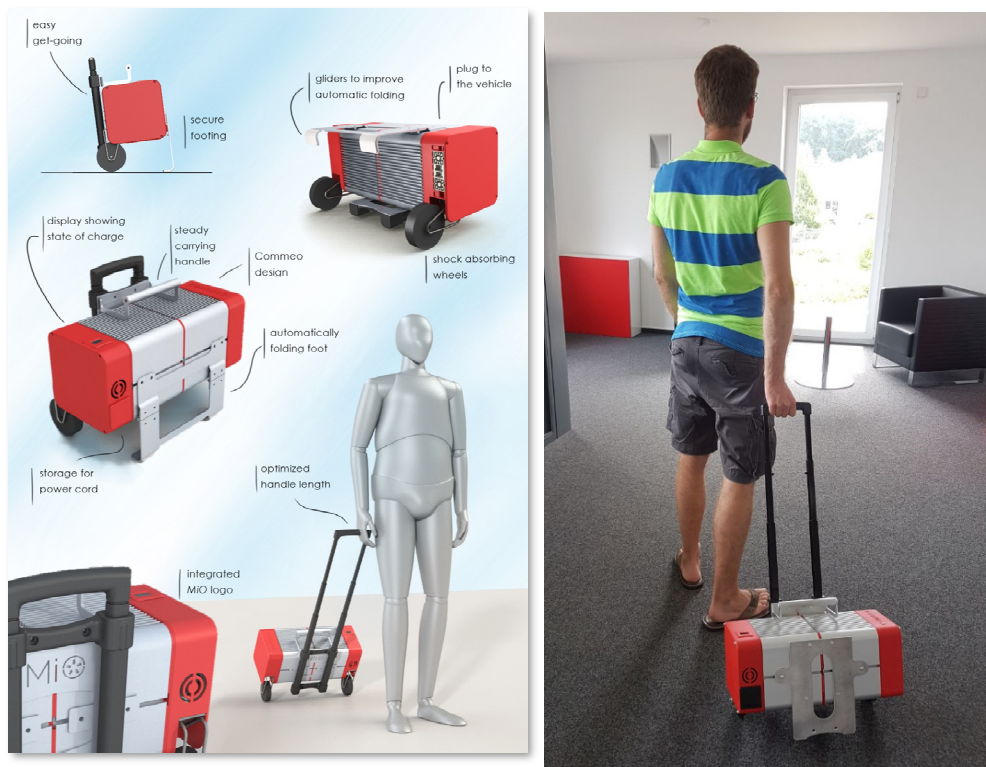


Abbildung 41: Links, Konzeptskizze Akku2Go; rechts, Akku2Go Prototyp im Test (Commeo)

In Bezug auf die Sicherheit, wurde ein „Crash-Zellen-Konzept“ entwickelt, welches die jeweiligen Akkus von der Fahrgastzelle Crash-sicher entkoppelt. Hierbei wurden die fest montierten Akkus (4x AkkuBlock = ca. 6 kWh/44 kg) unter der Sitzstruktur und dem im Frontbereich montierten Akku2Go (ca. 3 kWh/22 kg) konstruktive außerhalb der Monocoque-Crashstruktur positioniert. Wie in Abbildung 42 dargestellt, ergibt sich somit eine in Gelb dargestellte Crash-Zelle (hier das Monocoque-Unterteil) welche steif und fest ausgelegt ist. Die Faserverbundstruktur in Sandwich-Bauweise wird gezielt lokal unter den Akku-Elementen geschwächt (Orange dargestellt), so dass jeweils in den Crash-Fällen „Frontcrash“ und „Heckcrash“ die Akkuelemente vom Fahrgastzellenbereich abgelenkt werden.

Aktuell wurde dieses Konzept vorerst auf den Akku2Go im ersten Prototyp angewendet, da mit den 3 kWh im Frontbereich ausreichend Reichweiten-Kapazität für urbane Testfahrten vorhanden ist. Im aktuellen Aufbau des zweiten Prototyps mit L7e-Zulassung soll dann auch mit den zusätzlichen fest installierten AkkuBlock's getestet werden.

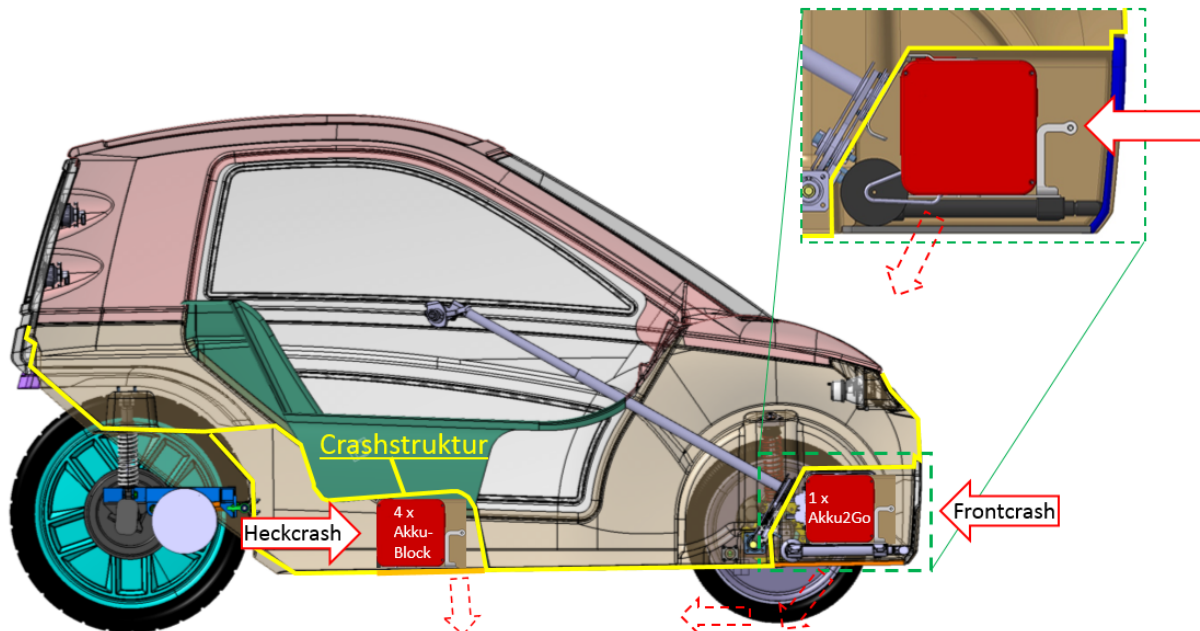


Abbildung 42: Darstellung des „Crash-Zellen-Konzept“ in Bezug auf die Akku-Einbausituationen

3.1.10 Schubladenaufnahme "Akku2Go-Koffer"

Einbindung günstiger Zulieferbauteile:

Der von Commeo entwickelte Akku2Go verwendet zu einem überwiegenden Teil günstige Standardkomponenten. Hierunter fallen z.B. die Teleskopgriffe, gefederte Räder mit Befestigung, Hochstrom-Steckverbinder, Kommunikations-Steckverbinder und das integrierte Akku-Ladegerät.



Abbildung 43: Erste Akku2Go-Prototyp im der ONYX MiO-Schublade

Abstimmung mit Commeo-Konzept

Das Konzept, welches in Abbildung 44 dargestellt ist, wurde in Abstimmung mit dem Entwicklungsteam des ONYX MiO entwickelt. Während der Entwicklungsphase wurden regelmäßig Meetings durchgeführt, damit der Akku2Go bezüglich der Anforderungen im MiO bezüglich seiner Abmaße, seiner elektrischen Leistungen sowie seiner Ausstattung angepasst wurde.

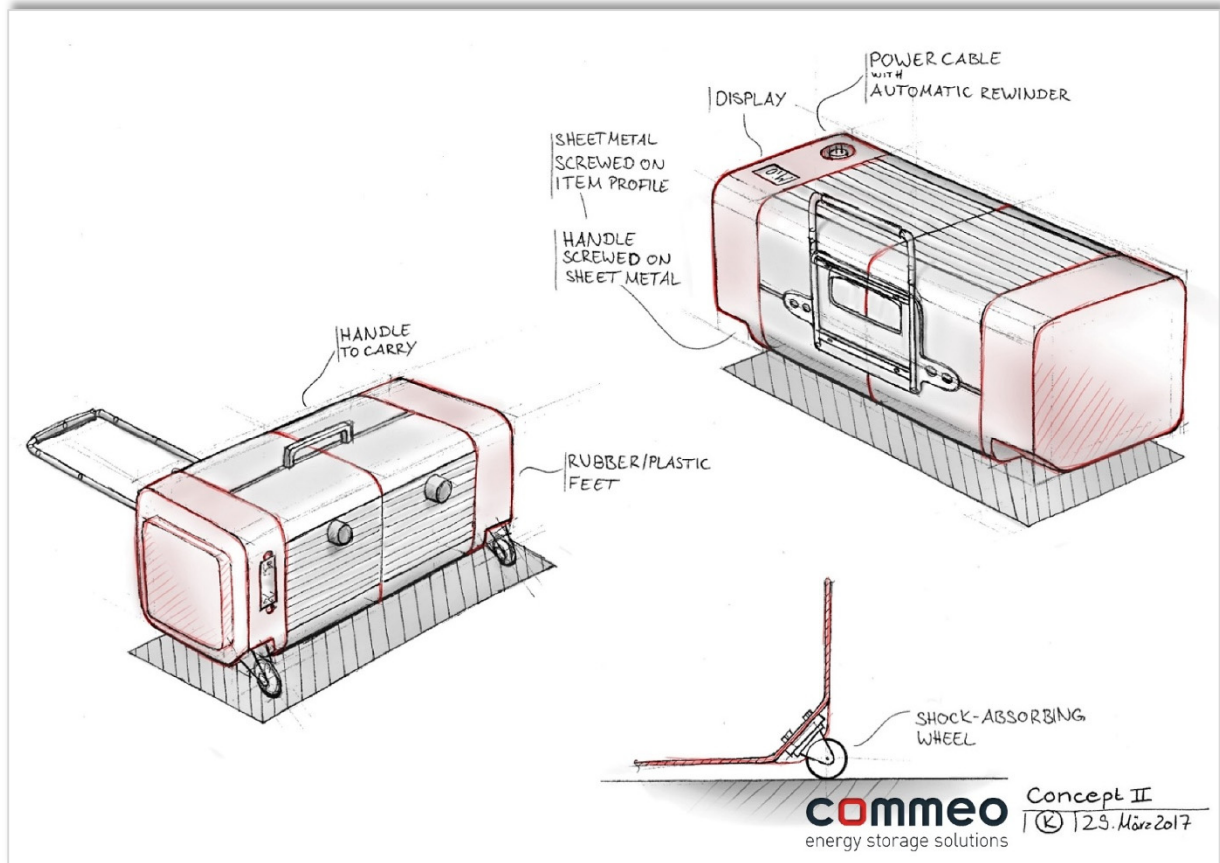


Abbildung 44: Commeo-Konzept des Akku2Go

3.1.11 Fertigungsgerechte Konstruktion Antrieb, Fahrwerk & Lenkung

Antriebsstrang elektrisch und human:

Gewichts- und Kosteneinsparungen über Vereinfachung und Funktionsintegration

Durch die mechanische Trennung vom elektrischen und humanen Antriebsstrang konnten Gewichtseinsparungen erreicht werden. Der Humanantrieb (Pedalgenerator) stellt in der aktuellen Konstellation keinen Antrieb mehr dar, sondern eine Möglichkeit den Akku2Go, welcher für den elektrischen Antrieb verwendet wird im Betrieb zu laden.

Weitere Einbindung kostengünstiger Standardteile:

Der Pedalgenerator ist Großteils aus kostengünstigen Standardkomponenten entwickelt worden. Der grundlegende Aufbau der Halterung vom Pedalgenerator besteht aus Aluprofil Stangen. An dieser sind Tretkurbeln befestigt, die über eine Kette einen Generator antreiben, der Getriebegenerator ist ein Getriebeantriebmotor aus dem PEDELEC-Bereich. In Abbildung 45 ist das Konzept des Pedalgenerators sowie ein Foto des Aufbaus im MiO dargestellt

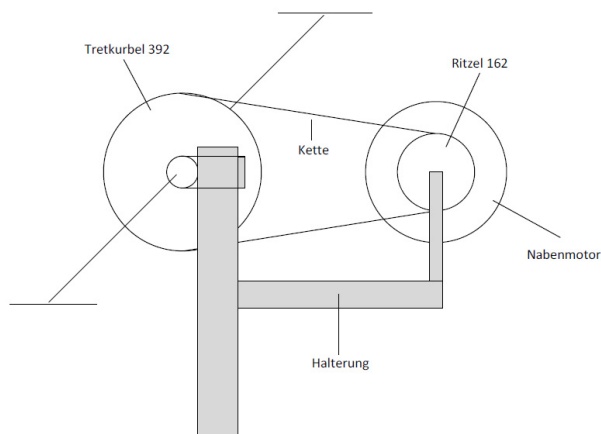


Abbildung 45: Konzept Pedalgenerator; Foto des Pedalgenerators

Die Spannung des Generators wird durch einen DC/DC Wandler auf die Ladespannung des Akkus transformiert. Die Leistungsregelung stellt eine komfortable Möglichkeit für den Nutzer dar, den Tretwiderstand anzupassen. Zudem ist ein Sanftanlauf implementiert, welcher das Treten aus dem Stillstand heraus erleichtert. Sinkt der Strom auf null, wird der Stillstand der Pedale erkannt und die Einstellung für die Leistung vollständig heruntergeregelt. Die Sollleistung wird somit bis auf 0W herabgesetzt, um dem Nutzer ein leichtes Treten der Pedale aus dem Stillstand heraus zu ermöglichen. Bei relativ konstanter Drehzahl nähert sich der Sollwert des Reglers anschließend wieder der eingestellten Leistung.

Über eine Applikation (App) auf einem Smartphone/Tablet (Abbildung 46) wird anschließend die Leistung extern gesteuert und somit eine Anpassung von mehreren Stufen durch den Nutzer möglich. Hierzu wird die Strombegrenzung des Wandlers genutzt und über ein externes Potentiometer angesteuert. Die Kommunikation mit dem Tablet wird mittels Bluetooth hergestellt.

Die App bietet folgende Optionen:

- Leistungsregelung über 5 Stufen von 40Watt bis 100W (ca. 0,7A-2,5A)
- Aktivierung des Gyrosensors - prozentualer Eingriff in die Leistungsregelung
Ein Gyrosensor simuliert auf Wunsch das Treten bei Steigungen oder Gefälle, entsprechend der Neigung des Fahrzeuges. Hierzu wird der Steigungswinkel prozentual auf die eingestellte Leistung aufsummiert.
- Anzeige der Spannung in Volt (V), Leistung in Watt (W) und effektiv erzeugter Energie in Wattstunden (Wh).
- Anzeige der aktuellen Neigung des Fahrzeuges als Pitching.
- Anzeige der aktiven Verbindung zum Controller (grünes Bluetooth Symbol)



Abbildung 46: Oberfläche der App zur Bedienung des Pedalgenerators.

3.1.12 Fahrwerk vorne und hinten inkl. Lenkung & Bremsanlage

Das Fahrwerk vorne konnte weitestgehend aus dem AGT der Phase 2 entnommen werden. Sprich es wurden Federbeine von einem Roller benutzt und ein Dreieckslenker aus Stahl gefertigt. Allerdings wurde der Radträger optimiert, so dass nun auch leistungsfähige Bremsen aus dem Roller-Bereich genutzt werden können.

Des Weiteren ist es nun möglich die Vorderräder ohne Demontage des Bremssattels zu tauschen. Im ersten Prototyp wurden auch die weiterhin die Fahrradreifen aus Phase 2 verbaut und zugelassen. Die ausführlichen Testfahrten haben aufgezeigt, dass diese nicht über genügend Fahrstabilität verfügen und zu schnell verschleifen. Aus diesem Grund werden aktuell Reifen von einem Rolleranhänger mit höherer Traglast und Geschwindigkeitsindex getestet.

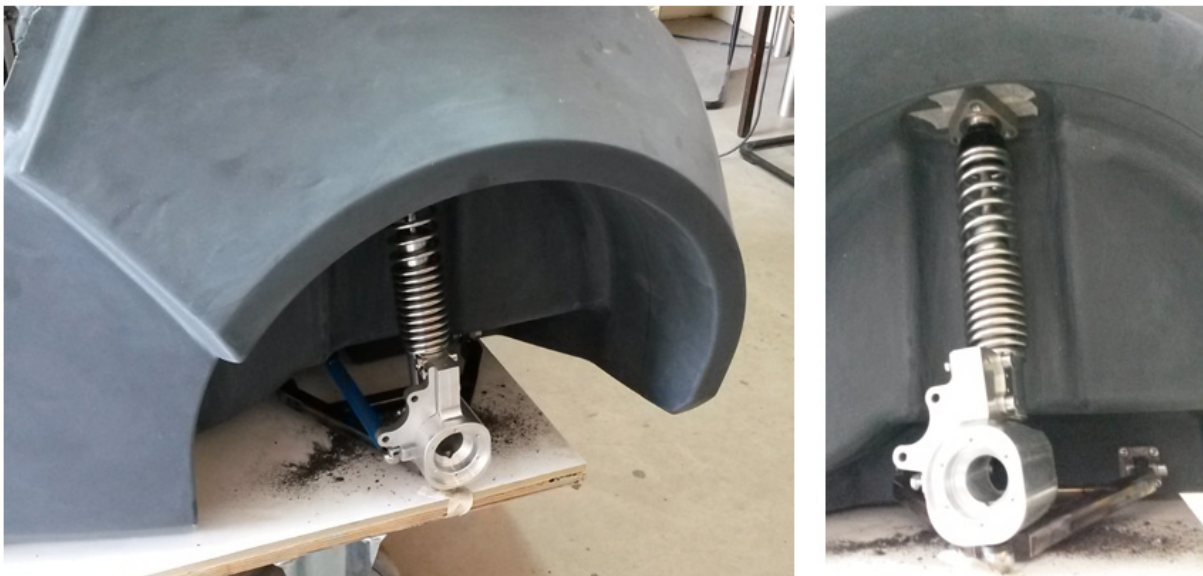


Abbildung 47: Vormontierte Fahrwerk vorne

Das Fahrwerk hinten basiert weitestgehend auf die Komponenten aus dem AGT. Sprich es wird der Prototyp von einer zugekauften Antriebseinheit aus dem asiatischen Rikscha-Bereich angetrieben. Im Laufe der Fahrttests wurden allerdings einige Optimierungen an den Federbeinen durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung wurde nach an der MiO-spezifischen Leichtbau-Antriebsachse gearbeitet. Diese wird aus eine Kombination aus GFK und Stahl bestehen und einen enormen Gewichtsvorteil gegenüber der aktuellen Variante bieten. Details zu dieser Entwicklung werden im Bericht nicht gezeigt, da es gilt diese zuvor patentrechtlich zu schützen.



Abbildung 48: Vormontiertes Fahrwerk hinten

Wie in den Projektphasen zuvor entwickelt und getestet, wurde eine optimierte Version der Lenkung im Prototyp verbaut. Im Rahmen der Testfahrten wird diese aktuell weiter optimiert und ähnelt heute wieder mehr einem herkömmlichen Lenkrad als dem hier dargestellten Fahrradlenker.



Abbildung 49: Vorläufiger Stand Lenkung und Pedalgenerator



Abbildung 50: Aktueller Stand: Lenkung und Innenraum

3.1.13 Serienentwicklung Fertigungskonzept & Prozessplanung

Parallel zur Prototypenentwicklung wurden mit dem Ausbau und Pflege der aktuellen Stückliste auch die Montageprozesse für die zukünftige Fertigung entwickelt und für die Kalkulation im Businessplan wirtschaftlich bewertbar dokumentiert.

Grundlage war der vorläufige Entwurf der digitalen „ONYX MiO-Fabrik“ auf Basis von 200 Einheiten/Jahr. Mit diesem Entwurf und einer taktbezogenen Montageprozessplanung wurde dann ein Kooperationsvertrag mit der PFH und der Fa. HDE das Projekt „Planung eines Fabrikgebäudes für ein Bio Hybrid Mobil“ im Rahmen des Bachelorstudiums „Verbundwerkstoffe“ im Modul „Planung Simulation von Verfahrensabläufen“ aufgesetzt.

Ziel dieses Projektes war es unter Berücksichtigung definierter Randbedingungen der fiktiven Firma „ONYX MiO“, die betrieblichen Ziele, durch eine ideale Fabrikplanung, zu erfüllen. Ideal meint in diesem Sinne, dass die Fabrik auf einer „grünen Wiese“ geplant wurde. Parallel sollten soziale und volkswirtschaftliche Funktionen nicht außer Acht gelassen werden.

Tätigkeiten der Fabrikplanung waren also zum einen die Anforderungen in theoretische Modelle mit Kenngrößen und Kosten umzuwandeln. Zum anderen wurden diese Erkenntnisse in ein Computer-Modell umgesetzt, um so die Richtigkeit der Prozesse und Größen zu überprüfen, da das Computer-Modell die Eigenschaften der Prozesse veranschaulichen und Erkenntnisse auf das reale System übertragen kann.

Mit dieser Simulationsmethode sollten alle Potentiale für das Gesamtprodukt ONYX MiO analysiert werden, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zu überprüfen und abzusichern. Es wurden Erkenntnisse über die optimalsten Produktionsprozesse und dem gesamten Investitionsaufwand erlangt.

Die folgenden Schritte wurden von den verschiedenen Projektgruppen bearbeitet:

1. Erarbeitung der Vorgehensweise / Projektplan
2. Ermittlung und Zusammenstellung der Basisdaten
3. Erstellung von Produktstruktur und Prozessstruktur
4. Auslegung der Produktion in Delmia Process Engineer
 - a. Definition und Dimensionierung der Ressourcen
 - b. 3D-Layout
 - c. Optimierter Arbeitsablauf
5. Ermittlung von Gesamtgewicht und Herstellkosten
6. Dokumentation und Präsentation
7. Theoretische Aufarbeitung der Themenstellung

Hiermit möchten wir uns auch nochmals für die tolle Unterstützung und die gute Zusammenarbeiten bei den Projektpartnern „PFH“ & „HDE“ bedanken. Speziell Herrn Steffen Dettmar von möchten wir hier nochmals für das Engagement danken!

Fabrikplanung und Animation



Hinweis: Um firmeninterne Informationen zu schützen werden, die in diesem Projektteil erarbeiteten Erkenntnisse und Ergebnisse, nur teilweise öffentlich gemacht. Die Animation „Digitale Fabrik des ONYX MiO“ werden wir im Rahmen des Berichtes gemeinsam mit der DBU veröffentlichen.

Vorläufiger Entwurf ONYX MiO „Fabrik“ → Start mit 200 Stk./Jahr

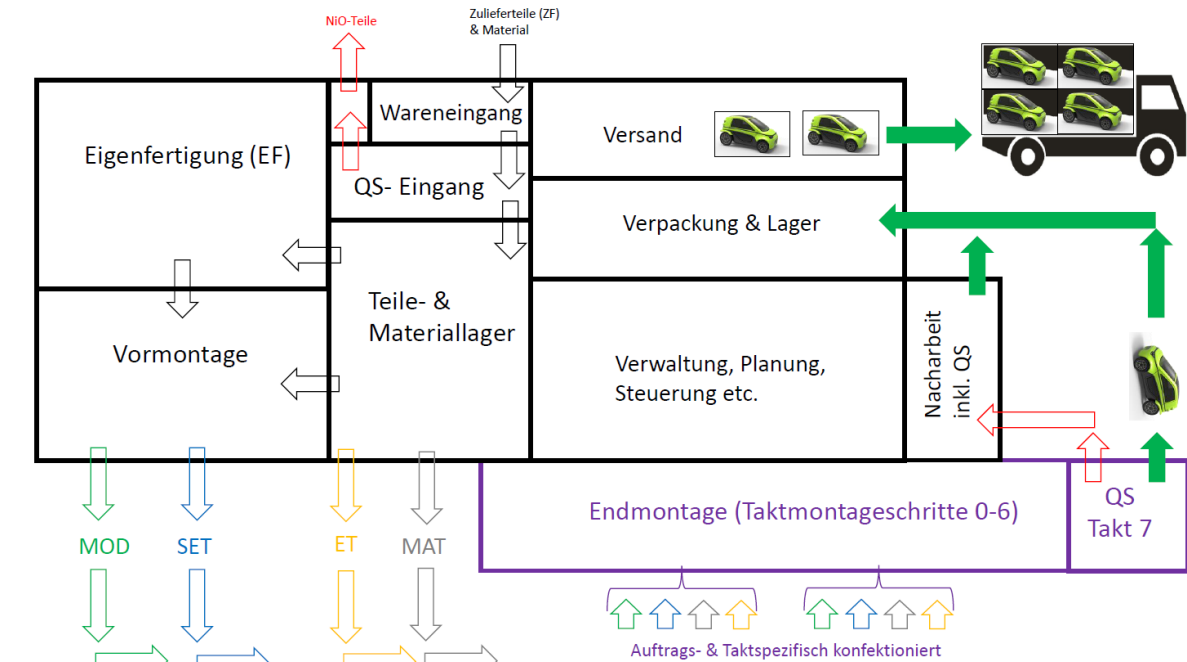


Abbildung 51: Entwurf ONYX MiO-Fabrik

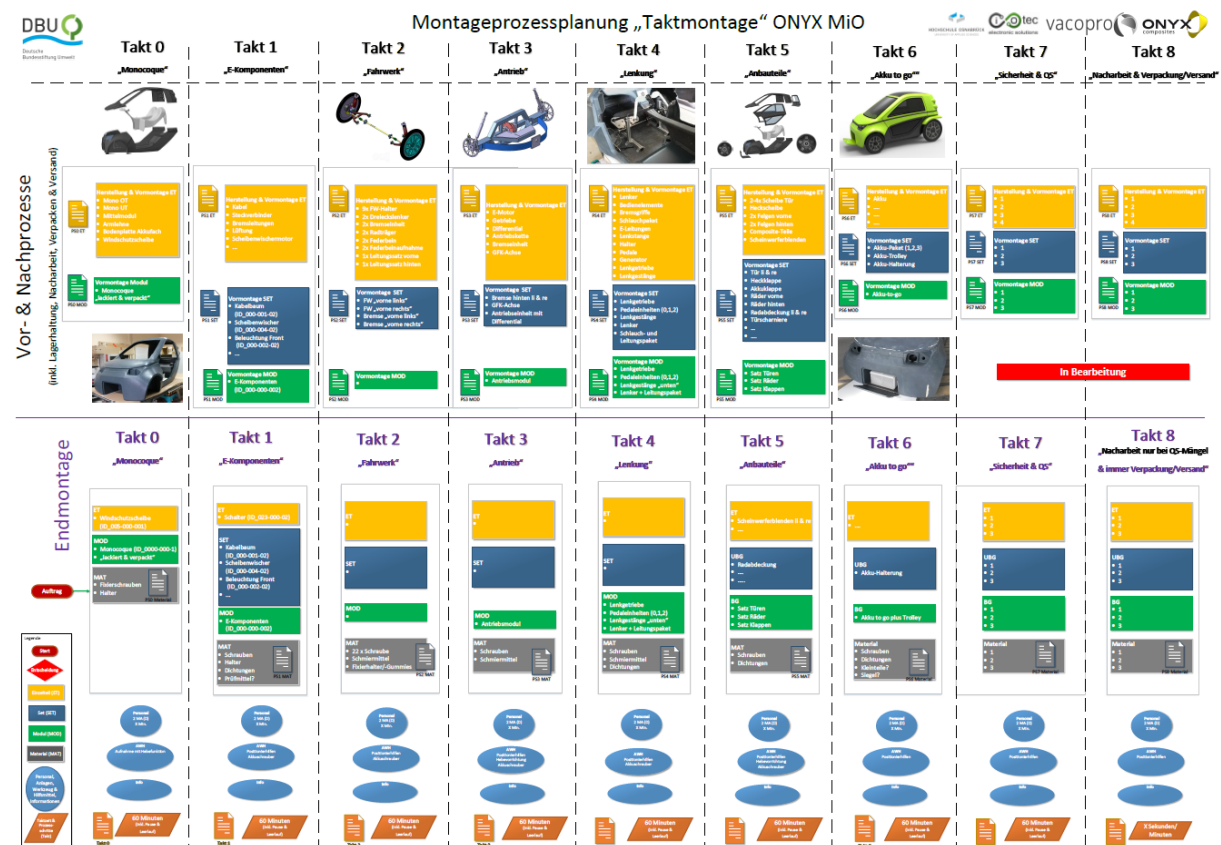


Abbildung 52: Taktbezogenen Montageprozessplanung

Um diese Planungen und die Dokumentation für alle Beteiligten verständlich und eindeutig gestalten zu können wurde eine Begriffsdefinition für das Dokument „Taktbezogenen Montageprozessplanung“ entwickelt und kommuniziert. Folgende Begriffe wurden dazu im Detail erläutert:

- **Takt**
 „Taktzeit - auch Arbeitstakt oder Takt genannt - ist die Zeit, in der jeweils eine Mengeneinheit fertiggestellt wird, damit das Fließsystem die Soll-Mengenleistung erbringt“
Quelle: REFA Verband für Arbeitsgestaltung und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums : Teil 3 Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung. München, Hanser, 1985 - [ISBN 3-446-14236-3](#). Seite 282.
- **Prozessschritt (PS)**
 Mit PS werden alle Dokumente bezeichnet die erläutern wie mit ET´s, SET´s und MOD´s in den Vorprozessen in Bezug auf den späteren Endmontagetakt zu verfahren ist. Also werden im Beispiel PS0 ET alle Prozessschritte in der Vormontage in Bezug auf die spätere Endmontage im „Takt 0“ erläutert.
- **Identifikationsnummer (ID)**
 Jedes Teil wird eindeutig über die Identifikationsnummer (ID) wie folgt beschrieben.
 Beispiel „Kabel“: (ID_006-001-002-02)
 Herleitung: (ID_ET-SET-MOD-TAKT)
 Beschreibung: Über die ID kann jedes Teil eindeutig von der Bereitstellung bis zur Endmontage zugeordnet werden. Es werden das ET, das SET und das MODUL fortlaufend nummeriert und anschließend über das letzte 2-stellige Segment dem entsprechenden Endmontagetakt zugeordnet.
- **Einzelteil (ET)**
 Als ET wird ein Teil bezeichnet, welches in Eigenfertigung (EF) oder als Zulieferteil (ZF) in der Vormontage für die Endmontage bereitgestellt wird. Ein ET kann zum aktuellen Zeitpunkt aus mehreren separaten Teilen bestehen (Beispiel ET „Heckscheinwerfer“ [ID], in Kombination mit dem passenden Halter). Als Erkennungsmerkmal nutzen wir die Farbe Gelb für ET´s (z.B. für die Verpackung oder im Lagerort sowie bei der digitalen Zuordnung)
- **Set (SET)**
 Als SET wird ein Teilesatz bezeichnet, welcher in EF oder als ZF in der Vormontage für die Endmontage bereitgestellt wird. Ein SET kann zum aktuellen Zeitpunkt aus mehreren separaten Teilen und/oder auch aus mehreren separaten SET´s, auch in Kombination mit ET´s bestehen (Beispiel Beleuchtung „Front“ [ID], welches aus den Scheinwerfern und Blinkern für die rechte und linke Fahrzeugseite inkl. Halter besteht und in einem Lager- und Logistikbehälter einsortiert und für die Endmontage vorgehalten wird). Als Erkennungsmerkmal nutzen wir die Farbe Blau für SET (z.B. für die Verpackung oder im Lagerort sowie bei der digitalen Zuordnung)
- **Modul (MOD)**
 Als MOD wird eine montierte Einheit (Schrauben, Kleben, Schweißen; Klemmen etc.) bezeichnet, welcher in der Vormontage für die Endmontage bereitgestellt wird. Ein MOD kann zum aktuellen Zeitpunkt aus mehreren separaten Teilen und/oder auch aus mehreren separaten SET´s, auch in Kombination mit ET´s bestehen (Beispiel das MOD „Antrieb“ [ID] welches aus der Hinterachse, der Federdämpferelemente, den Bremsen hintere, den Radaufnahmen und der Motorgetriebeeinheit über die o.g. Verbindungstechniken für die Endmontage vormontiert wird). Als Erkennungsmerkmal nutzen wir die Farbe Grün für MOD (z.B. für die Verpackung oder im Lagerort sowie bei der digitalen Zuordnung)

- **Material (MAT)**

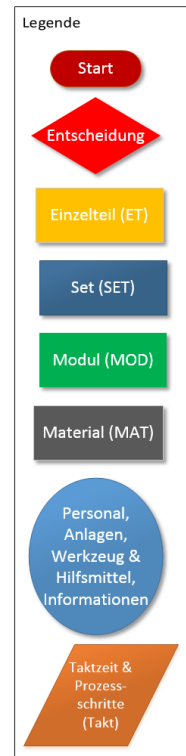
Als MAT werden Teile, Hilfs- und Verbrauchsmaterial und sonstige Mittel bezeichnet, welches für die Endmontage in größeren Stückmengen oder als Meterware vorgehalten wird. Als Erkennungsmerkmal nutzen wir die Farbe Grau für MAT (z.B. für die Verpackung oder im Lagerort sowie bei der digitalen Zuordnung)

Beispiele:

- Schrauben, Muttern, etc.
- Dichtungen
- Schmier- und Reinigungsmittel
- Kabelbinder
- Usw.

- **Anlagen, Werkzeuge und Hilfsmittel (AWH)**

Als AWH's werden Investitionsgüter bezeichnet die notwendig für die taktweise Endmontage sind. Beispiel ist die Montagevorrichtung für die Windschutzscheibe (WSS), die Aufnahme für das Monocoque inkl. Hebefunktion sowie die Druckluftbetriebene Kartuschenpistole zum Verkleben und Abdichten der WSS. Als Erkennungsmerkmal nutzen wir die Farbe Hellblau für AWH's und die dazugehörigen Informationen in der Endmontage des ONYX MiO



Mittels dieser Vorgehensweise konnten alle wichtigen Parameter an den aktuellen Stand der Entwicklung angepasst und auch variiert werden, um die optimalen Prozessparameter zu finden. Das Resultat wurde dann als Ergebnis in eine lesbare Dateiform gebracht (z.B. Excel), um damit wirtschaftlich weiter planen zu können. Parallel wurde in Form einer detaillierten Animation, für die Kommunikation z.B. mit Investoren und strategischen Partnern, die digitale Fabrik dargestellt. Diese Fabrik ist ein komplettes CAD-Modell und gibt spiegelnd somit ein 1:1-Bild der theoretischen Planung wieder. Einige Bilder zur gesamten Fabrik und den einzelnen Prozessen zeigen das Projektergebnis sehr anschaulich.



Abbildung 53: Digitale ONYX MiO-Fabrik auf der grünen Wiese

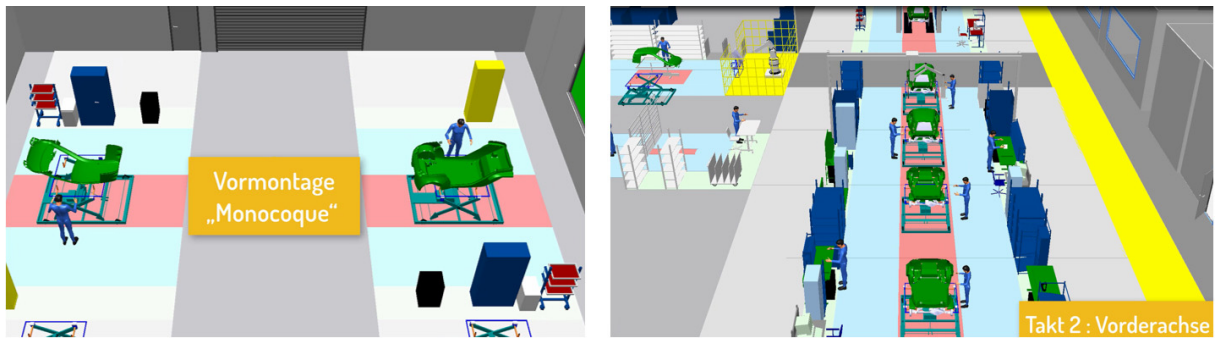


Abbildung 54: Bsp. Vormontage Monocoque & Takt 2 "Vorderachse"

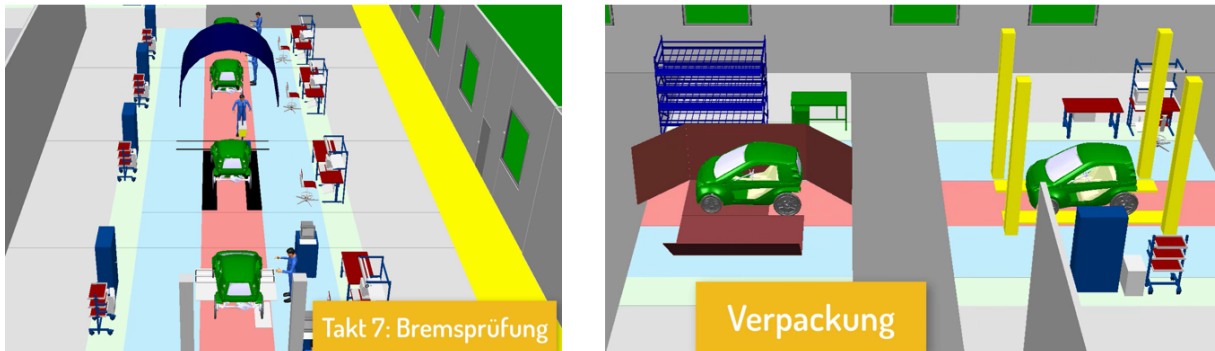


Abbildung 55; Bsp. Bremsprüfung und Verpackung

Aktuell werden in der Weiterentwicklung und Außendarstellung sowie der Ansprache von potentiellen Investoren diese Ergebnisse anschaulich in Form einer Material-Prozess-Kosten-Analyse genutzt. So kann z.B. aufgezeigt werden, welche Materialklassen im MiO verbaut sind und bei welcher Produktionsmenge pro Jahr, welche Herstellungskosten je Material zu kalkulieren sind.

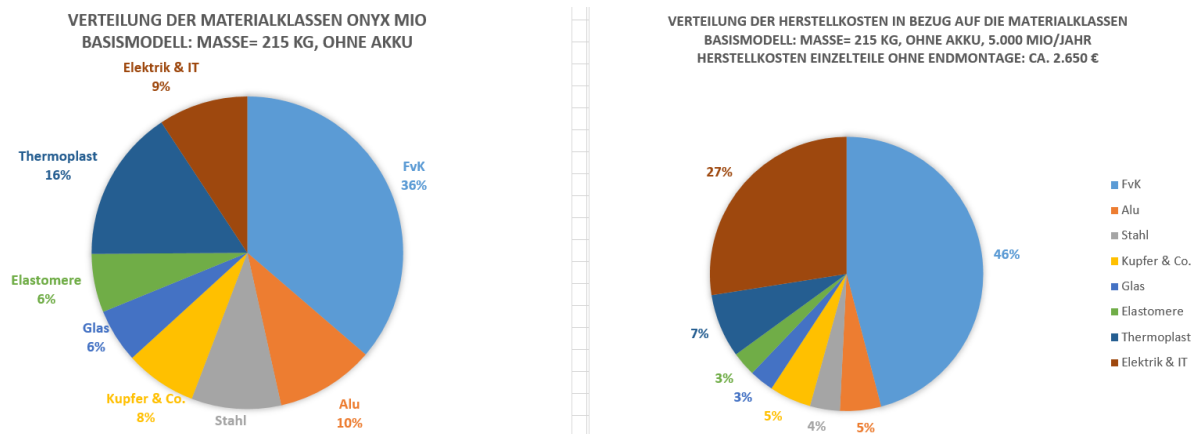


Abbildung 56: Darstellung aus der Material-Prozess-Kosten-Analyse

3.1.14 Simulation und der Monocoque-Belastungen mittels der FE-Methode

Um das optimale Verhältnis in Bezug auf die Steifigkeit und Festigkeit des Monocoque in Bezug auf die Masse zu finden, wurden auf Basis von zuvor ermittelten Materialkennwerten und abgeschätzten Lastfällen Berechnungen durchgeführt. Da der Materialaufbau Abbildung 57, das Materialverhalten sowie die Geometrie der Strukturbauteile sehr komplex sind, wurde hierzu die sogenannte Finite Elemente Methode (FEM) eingesetzt.

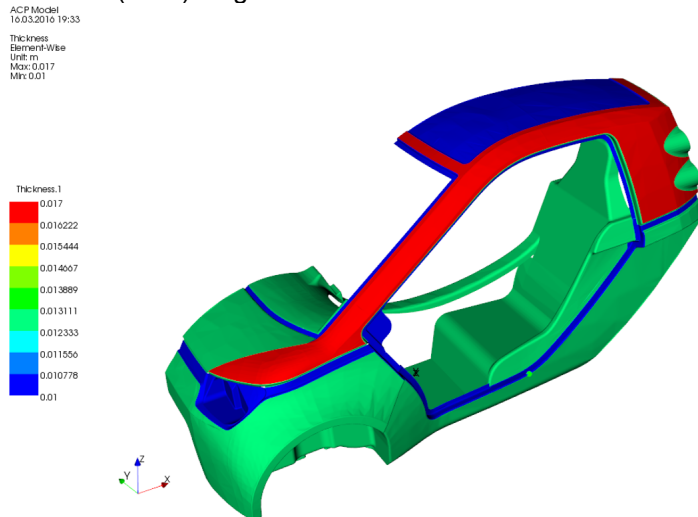
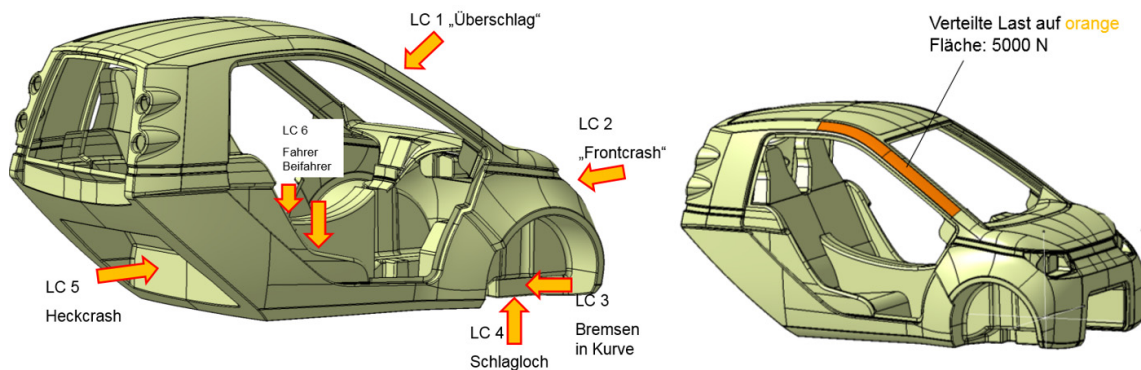


Abbildung 57: Darstellung der kombinierten Monocoque-Materialstärken (10 – 17 mm)

Neben den Material- und Geometrieinformationen war die Definition der wichtigsten Lasten in Bezug auf die Typgenehmigung (L6e - 45 km/h-Zulassung) entscheidend.

Abbildung 58: Links: Lastfälle Monocoque; Recht: Lastfall LC 1 "Überschlag"



Wie in Abbildung 58 und Abbildung 59 dargestellt wurden hierzu Lastfälle (load case= LC) definiert und die belasteten Flächen zugeordnet. Diese entsprechen zum Beispiel einem Aufprall des Fahrzeuges mit 20 – 25 km/h auf einen starren Block. Die sich darauf ergebenden Reaktionskräfte werden auf die betroffenen Flächen als Flächenlast verteilt. Da das Fahrzeug einen symmetrischen Aufbau hat, wurden die jeweiligen Berechnungsprozesse auch nur für eine Hälfte des Fahrzeuges aufgebaut um Zeit und Rechenleistung einzusparen.

Das heißt, dass der Lastfall „Frontcrash“ LC 1 insgesamt eine resultieren Kraft von $2 \cdot (2.000 \text{ N} + 5.000 \text{ N} + 2.000 \text{ N}) = 18.000 \text{ N}$ (ca. 1,8 to, was ungefähr der 6-fachen Fahrzeugmasse inkl. einem Fahrer entspricht) auf die 3 farbig dargestellten Flächen dargestellt.

Die Ergebnisse aus diesen Berechnungen waren erstens eine Aussage über die maximalen Verformungen des Bauteils bzw. der Baugruppe, siehe Abbildung 60 und zweitens eine Einschätzung der Materialanstregung in Bezug auf die max. zulässigen Spannungen der verbauten Materialien Abbildung 61. Das Besondere war dann die Berechnung und Beurteilung von NFK-Werkstoffen wie in Abbildung 62 dargestellt.

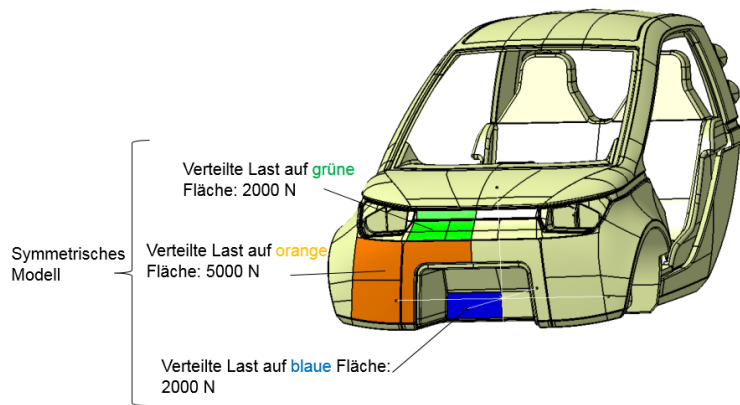


Abbildung 59: Darstellung der Definition „LC2-Frontcrash“ für die FE-Analyse

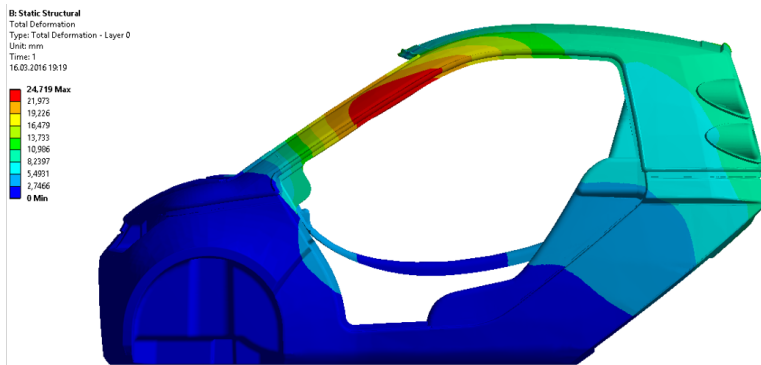


Abbildung 60: Ergebnisdarstellung „Verformung“ FE-Analyse Lastfall "LC 1 - Überschlag"

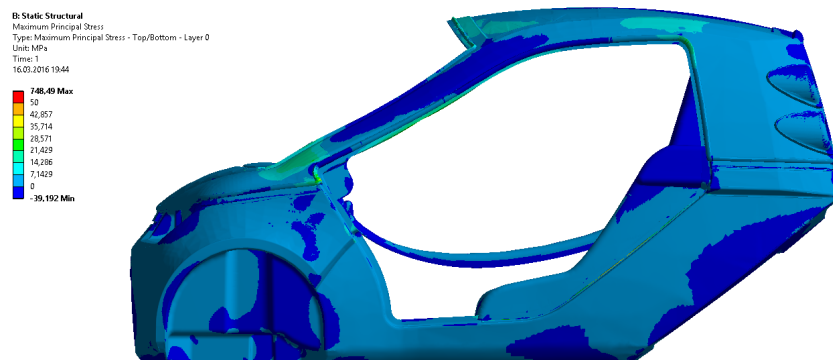


Abbildung 61: Darstellung der Materialanstrengung im Lastfall "LC 1-Überschlag"

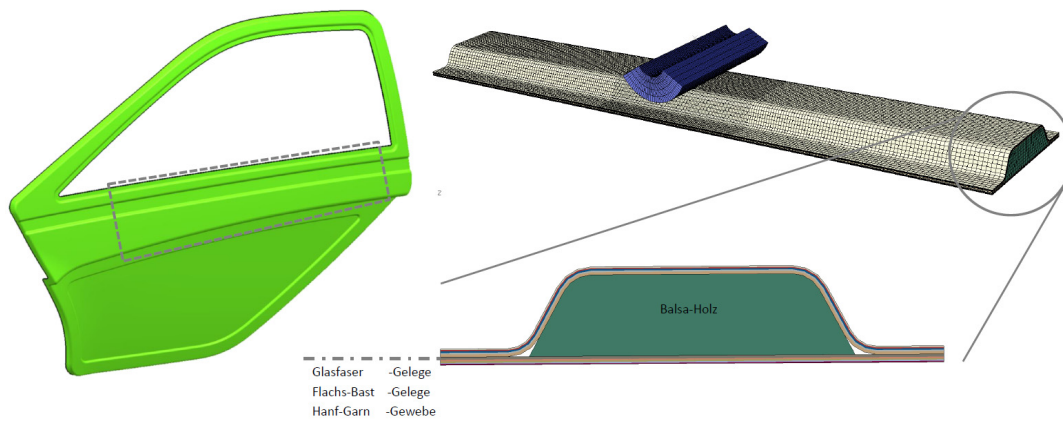


Abbildung 62: FE-Modell Tür links in Naturfaser-Sandwichaufbau

3.1.15 Akku2Go "E-Mobil"

Der Akku2Go ist während der Projektphase weiterentwickelt worden. Die einzelnen Entwicklungsergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Parallel zur Entwicklung wird durch Commeo eine Patentrecherche zum Akku2Go durchgeführt.

Der Akku2Go kann über vier Wege aufgeladen werden:

- Integriertes Ladegerät im Akku2Go (230VAC, 300W)
- Typ 2 Schnellladeanschluss am ONYX MiO
- Solardach mit bis 150W Leistung
- Pedalgenerator (durchschnittliche Leistung pro Pedalgenerator 50W)

Entwicklung und Anpassung BMS (modulare Bauweise & Reichweiten- upgrade)

Der Akku2Go basiert auf dem modularen Akku-Konzept der Commeo GmbH. Hierbei werden einzelne Akku-Blöcke mit je 1,4kWh Energie mechanisch und elektrisch direkt miteinander verbunden. Im derzeitigen Konzept ist eine Parallelschaltung von zwei Blöcken zu einer Gesamtenergie von ca. 2,8kWh vorgesehen. Mit dieser Leistung besteht eine theoretische Reichweite von ca. 40 km.

- Steuereinheiten auf individuelle Akkukapazität anpassen

Jeder Block verfügt über eine eigene Steuerungs- und Überwachungseinheit (BMS) mit digitaler Schnittstelle.

- Kommunikationsschnittstelle „Fahrzeug zu Akku“

Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Akku ist über einen CAN-Bus realisiert. Auf der Strecke „Fahrzeug zu Akku2Go“ wird der Akku gesteuert (bspw. Einschalten des Lastrelais).

- Kommunikationsschnittstelle „Akku zu Bediener“ (z.B. Ladestandsanzeige)

In der Datenrichtung „Akku2Go zu Nutzer“ kann das Fahrzeug über die Steuerelektronik nützliche Informationen über den derzeitigen Akku-Zustand abfragen, allem voran den Ladestand, welcher im Cockpit angezeigt wird.

Weiterentwicklung Temperaturmanagementsystem

Bei der Verwendung von Lithium-Ionen-Technologie ist die Überwachung der Temperatur innerhalb des Akkus für einen sicheren und langlebigen Betrieb von großer Wichtigkeit.

- Temperaturüberwachung / Positionsbewertung für effiziente Temperatursensorik

Jeder Akku-Block verfügt daher über redundante Temperatursensoren, welche zu jedem Zeitpunkt die Zell-Temperaturen überwachen.

- Kontrolliertes „Runterfahren“ bei Überhitzung/Überlast

Im Falle einer Überhitzung des Akkus durch Überlastung oder Umgebungsbedingungen wird die Akku-Leistung reduziert oder gänzlich gesperrt.

Gehäuse mobiles Akkusystem ("Akku2Go")

- Serienentwicklung „integratives Leichtbaugehäuse“ (wärmeleitfähiger Materialmix)

In Abbildung 63 sind die Seitenelemente dargestellt, welche aus integrative Leichtbau hergestellt wurden.

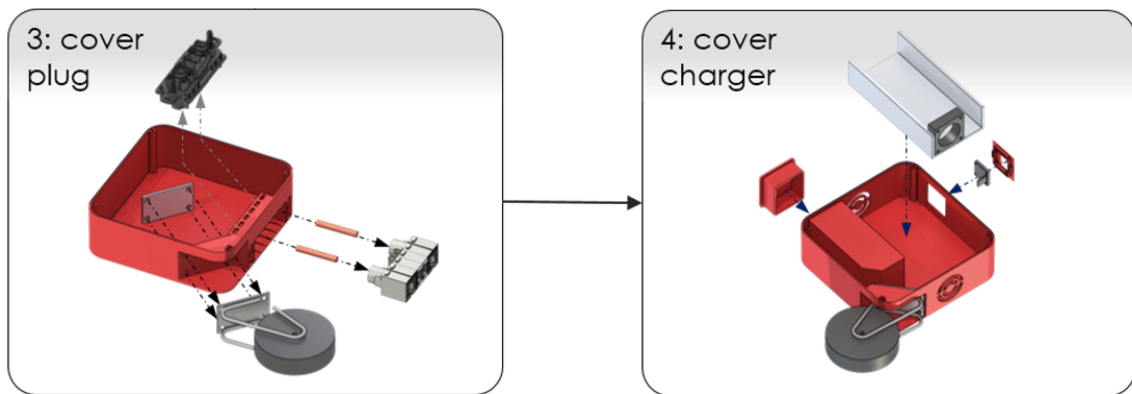


Abbildung 63: Seitenelemente des Akku2Go aus integrativen Leichtbau

- Zukaufteil „Trolley-Funktion“ in Gehäuse integrieren

Wie in

Abbildung 64 dargestellt, wurde die Trolley-Funktion ans Gehäuse integriert. Zusätzlich wurde ein weiterer Griff an den Akku2Go angeschlossen mit dem dieser getragen werden kann.



Abbildung 64: Foto des Akku2Go

- Sicherheitsmanagement

Dauertest „Steckertechnologie“ Verbindung Akku zu Fahrzeug

Der Akku2Go verwendet spezielle Hochstrom-Steckverbinder der Harting GmbH. Diese Steckverbinder sind für die notwendigen Ströme inklusive eines Sicherheitsfaktors spezifiziert und vom Hersteller getestet. Zusätzlich wurde als Teil eines Dauertests die maximale Anzahl an Steckzyklen geprüft. Der verwendete Steckverbinder ist mit > 500 Zyklen spezifiziert.

- Diebstahlschutz

Der Akku2Go ist mit keinem mechanischen Diebstahlschutz ausgestattet. Aufgrund der digitalen Ansteuerung des Akkus kann dieser allerdings nur von der Bordelektronik des MiO angesteuert werden.

- Berührungsschutz gegen Stromschlag

Die Leistungskontakte, welche an der Außenfläche des Akkus angebracht sind, verfügen über einen vollständigen Berührschutz zu spannungsführenden Teilen

- Überlastabsicherung (mechanisch, thermisch, elektrisch)

Der Akku2Go verfügt über ein umfassendes Sicherheitskonzept. Dieses sichert den Akku gegen mechanische, thermische und elektrische Fehler ab.

Mechanische Sicherheitskomponenten:

- massives Aluminium-Gehäuse mit einer Wandstärke von 3mm
- hochfeste und flammgeschützte Kunststoff-Bauteile
-

Thermische Sicherheitskomponenten:

- Redundante Temperatursensoren zur Überwachung der Zell-Temperaturen
- Reduzierung der Leistung bei Übertemperatur
- Sperren von Lade- und Entladevorgängen im Fehlerfall
-

Elektrische Sicherheitskomponenten:

- Überwachung der Zellspannungen (Einzelzell-Überwachung, Überlade- und Tiefentladungsschutz)
- Überwachung des Stromflusses (aktiver Überstrom und Kurzschluss-Schutz)
- Mechanisches Relais, gesteuert vom BMS, in jedem Akku2Go
- Schmelzsicherung in jedem Akku2Go

Die Akku-Blöcke werden nach strengen nationalen und internationalen Normen und Richtlinien zertifiziert.

3.1.16 Elektronik

Optimierung "Motorsteuerung" 4 kW

- Parameter der Motorsteuerung anhand von Testergebnissen aus Phase 2 anpassen

Es wurden die Parameter der Motorsteuerung anhand von Testergebnissen aus Phase 2 optimiert. Abbildung 65 zeigt einen Teil der Parameterliste zur Optimierung der Motorsteuerung.

Name	Physical Value	Unit	Description
SET_C_Setup_Valid	1	-	Setup data valid flag
SET_C_Trq_Req_Source	3	-	torque control source: 0=combined, 1=ATSI, 2 = Throttle only, 3=Throttle auf ATSI Digital Brake auf TRQ, 14=eRider, 15...
SET_C_FE_Curr_Max	130	-	Maximum inverter current setting
SET_C_Curr_Lim_DC_Pos	60	-	App interface to chose max positive (torque generating) current, drawn from the source
SET_C_Curr_Lim_DC_Neg	-15	-	App interface to chose max regenerating (recuperation) current, fed back into the source
SET_C_Volt_Lim_DC_Upper	60	-	App interface to chose max battery voltage (upper recuperation limit).
SET_C_Volt_Lim_DC_Lower	42	-	App interface to chose min battery voltage (discharge limit)
SET_C_MO_M_Max	130	-	Maximum motor torque (safety limit)
SET_C_MO_Nm_per_Amp	1	-	Motor torque constant
SET_C_Assist_Factor	100	-	App interface to chose assist factor
SET_C_ATI_Calibration_Okay	0	-	ATI (analog throttle) calibration okay flag
SET_C_ATI_Gain	1000	-	Calibrated throttle gain
SET_C_ATI_Max	0.095134	-	Calibrated throttle max value
SET_C_ATI_Min	0.094269	-	Calibrated throttle min value
SET_C_ATSI_Calibration_Okay	0	-	ATI (analog throttle) calibration okay flag
SET_C_ATSI_Gain	1000	-	Calibrated throttle gain
SET_C_ATSI_Max	0.060516	-	Calibrated throttle max value
SET_C_ATSI_Min	0.054638	-	Calibrated throttle min value
SET_C_CAN_Baudrate_Select	2	-	Select CAN Baudrate: 1=125k, 2=500k, 3=1000k
SET_C_MO_N_Max	14	-	Maximum motor speed (u/min), safety limit
SET_C_MO_PS_Error_Reaction	0	-	Powerstage reaction on error: 0 = Active Freewheeling, 1 = Active Short Circuit
SET_C_MO_Rotor_Offset_Teach_Current	20	-	Choose the amount of current to teach the rotor offset
SET_C_MO_Rotor_Offset_Teach_Enable	0	-	Enable rotor position offset calibration after reset
SET_C_MO_Rotor_Pos_Sensor_Type	0	-	Rotor position sensor type: 0=3xHall-Sensor, 1=Resolver AS5048
SET_C_MO_Temp_Sensor_Type	0	-	Motor temperature sensor (0=Neglect Sensor, 1=KTY84/130, 2=B57550G0104)
SET_C_MO_Polepairs	28	-	Set number of motor polepairs

Abbildung 65: Parameter der Motorsteuerung

- Buskopplung an die Steuerelektronik

Die Motorsteuerung kommuniziert über CAN mit der Steuerelektronik.

- Rückkopplung des Gaspedals optimieren (Haptisches Feedback)

Mit dem verwendeten Gashebel ist keine Einstellung eines haptischen Feedbacks möglich. Dies ist auch nicht mehr notwendig, da im Gegensatz zum vorher verwendeten Gaspedals (welches nur in eine Richtung bewegt wird) eine Rückmeldung anhand des Drehwinkels für den Benutzer zur Verfügung steht.

Entwicklung einer Anzeigeeinheit inkl. Steuergerät

- Auslegung der Anzeigeelemente

Es wurde ein Anzeigeelement (Abbildung 66) ausgelegt. Dieses zeigt die aktuelle Geschwindigkeit, die gefahrenen Kilometer sowie den Akkustand an. Zusätzlich wird der Status der Beleuchtung angezeigt.



Abbildung 66: Anzeigeeinheit für den MiO

- Auswahl eines Steuergeräts für die Kommunikation mit der Motorelektronik und dem BMS

Die

Abbildung 67 stellt einen Ausschnitt aus dem Steuergeräts dar, in dem die Verbindungen zwischen den Komponenten und dem Steuergerät dargestellt ist.

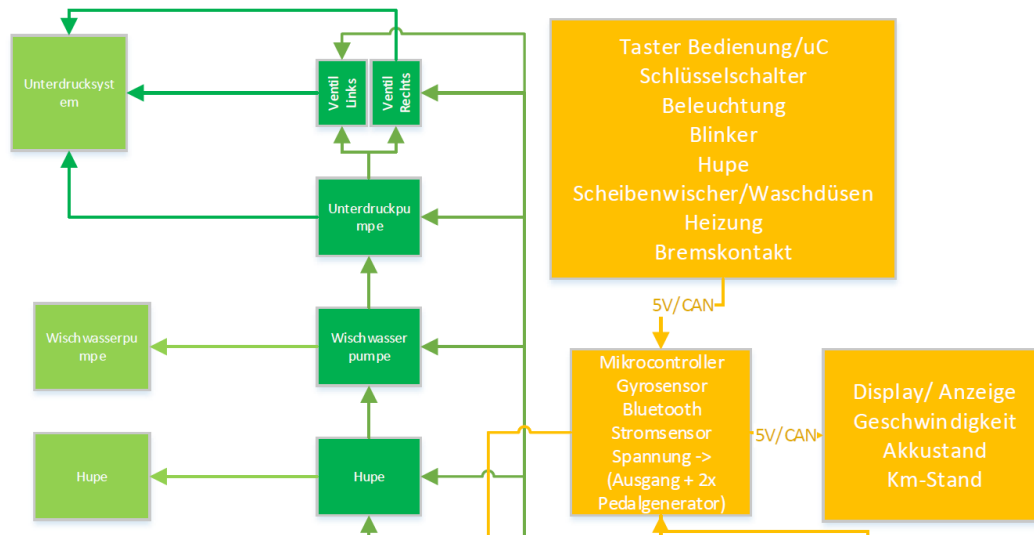


Abbildung 67: Ausschnitt aus dem Schema des Steuergeräts (komplette Übersicht im Anhang)

Auslegung eines Kabelbaums

In

Abbildung 68 ist die Verkabelung im Fahrzeug dargestellt. Die verschiedenen Farben stehen für verschiedene Spannungsebenen und Datenleitungen.

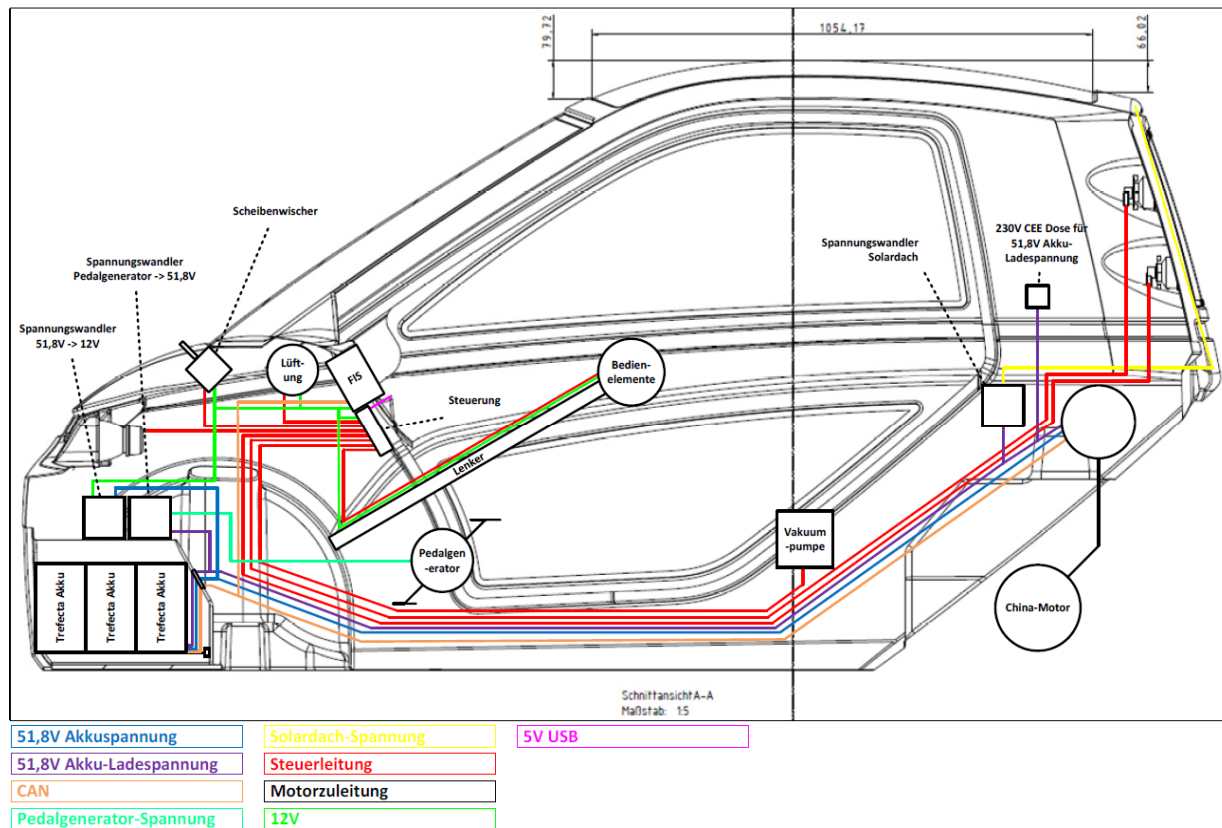


Abbildung 68: Darstellung der Verkabelung im Fahrzeug

- Auslegung und Optimierung der Leitungslängen

Die Leitungslängen wurden ausgelegt und auf einem Testbrett als Kabelbaum (Abbildung 69) umgesetzt. Auf dieser Basis wurde ein neuer Kabelbaum angefertigt und während der Verlegung optimiert.

Die Gesamtbeleuchtung aus Phase 2 wurde auf technische und ökonomische Sicht geprüft. Daraufhin ist die Frontbeleuchtung ausgetauscht worden und gegen eine Beleuchtung ersetzt worden, welche eine bessere Lichtleistung aufweist und günstiger ist.

- Konzept für die Bedienelemente aufstellen

Für die Bedienelemente wurde ein Gesamtkonzept erarbeitet, welches die Bedienelemente für die Fahrt allesamt am Lenker unterbringt. Es wurden bewusst keine Bedienelemente (z.B. Gas, Bremse) in den Freiraum gelegt. Die Gründe sind der Einsatz des Pedalgenerators (siehe 0) sowie die Möglichkeit das Fahrzeug auch mit Bewegungseinschränkungen fahren zu können.

Am Lenker sind die folgenden Komponenten angebracht:

- Gashebel
- Bremsen / Handbremse
- Hupe
- Blinker
- Scheibenwischer
- Beleuchtung
- Fahrtrichtung (Vorwärts/Rückwärts)

Die Bedienelemente zum Einstellen des Fahrzeugs sind in der Mittelkonsole untergebracht. Darunter fallen die folgenden Komponenten:

- RFID-Kontakt zur Freischaltung
- Ein/Ausschalter
- Bedienung zum Einstellen der Vakuumsitze
- Multimediakomponenten (Tablet/Smartphone) inkl. App

- Erarbeiten eines Konzepts zur Fahrzeugsicherung (Alarmanlage; Zugangsmechanismus)

Es wurde ein Konzept zur Fahrzeugsicherung erarbeitet, welches aus einem Zugangsmechanismus (RFID-Tag, Schlüssel) und einer Alarmanlage besteht. Durch den Schlüssel können die Seitentüren, das Akkufach und der Kofferraum geöffnet werden. Der RFID-Tag wird benötigt um das Fahrzeug freizuschalten, durch diese Freischaltung ist es erst möglich den MiO einzuschalten. Die Alarmanlage wird über eine Smartphone-App aktiviert sowie deaktiviert. Die aktive Alarmanlage wird durch Bewegungen ausgelöst, welche durch Bewegungssensoren (Beschleunigungssensoren und GPS) festgestellt werden. Die Oberfläche für die Positionsanzeige des Fahrzeuges wird in Abbildung 71 dargestellt.

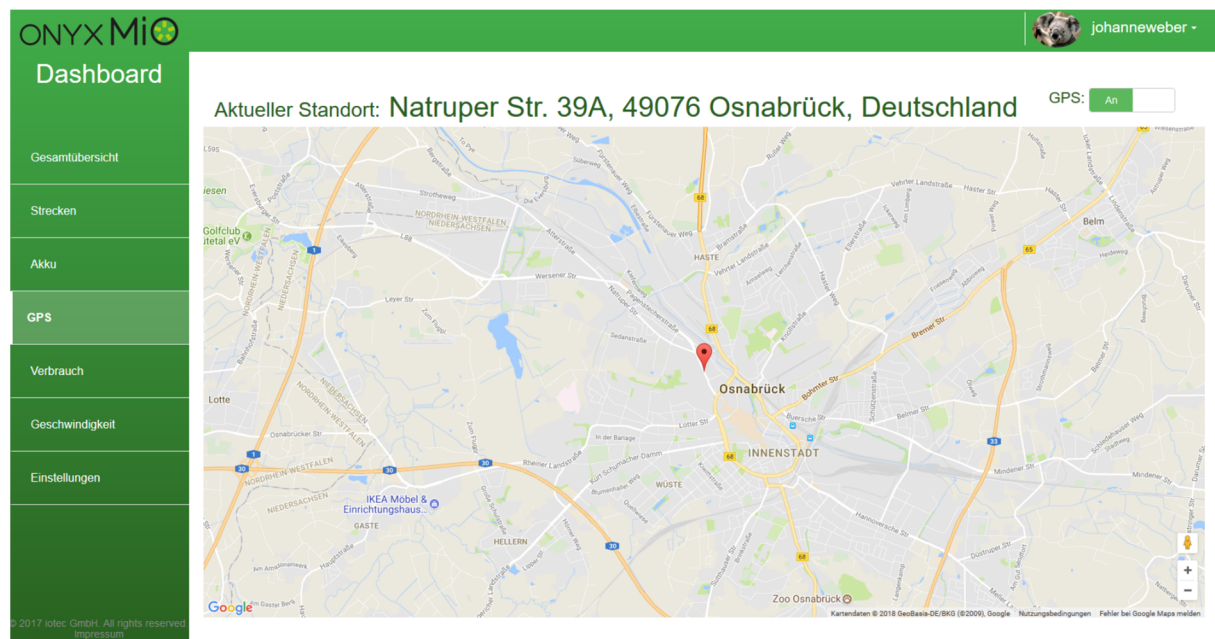


Abbildung 71: Oberfläche für die Positionsanzeige des Fahrzeuges

3.2 Prototypbau, Test und Zulassung

Der letzte Schritt der Prototypfertigung war die Montage. Diese begann, wie schon zuvor dargestellt, mit der Vormontage aller wichtigen Komponenten vor dem Lackieren. Alle Teile die keinen Einfluss auf den Lackierprozess hatten, wie z.B. die Fahrwerkskomponenten, die Lenkung oder der Akku (Abbildung 72, rechtes Bild) waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht notwendig.

3.2.1 Montage Prototyp

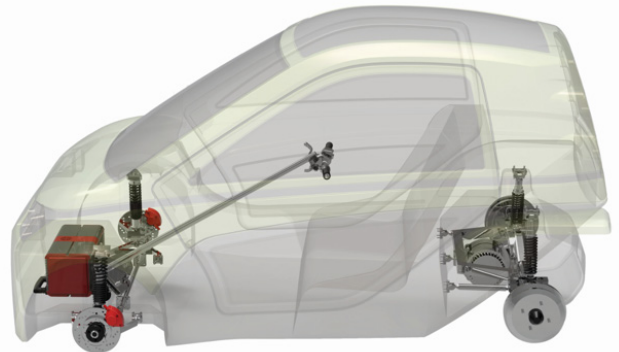


Abbildung 72: Vormontage alle Anbau- und Funktionsteile am unlackierten Monocoque

Nach dem Lackierprozess konnten dann alle Bauteile erstmalig verbaut werden. Der letzte Schritt vor der Probefahrt und der abschließenden Abnahme durch die DEKRA war das Einkleben der Windschutzscheibe sowie der Heckscheibe. Diese haben wir durch einen externen Lackierbetrieb verkleben lassen, um Fehler auszuschließen. Die Seitenscheiben aus Kunststoff in den Türen sind herausnehmbar gestaltet worden und halten durch ein durchgehendes Klettband ihre Position.



Abbildung 73: Links: Endmontage, rechts: Erste Probefahrt

3.2.2 Fertigung & Zulassung "Akku2Go"



Abbildung 74: Akku 1x40 km + 1x50 km -montagefertig-

Akku 1x40 km + 1x50 km -montagefertig-

- Zulieferung von 2 montagefertigen „Akku2Go“

In Abbildung 74 sind die montagefertige commeo energy storage blocks (je 1,4 bzw. 1,75kWh) dargestellt

- Montageablaufplanung- und Optimierung in Anlehnung an „REFA“

Die Zertifizierung der Produktion der Akku-Blöcke für den Akku2Go nach ISO 9001 ist in der Vorbereitung (Stand Q1/18).

- Angebotserstellung für Kleinserienfertigung „Akku2Go“

Offizielle Angebote sind in Vorbereitung:

Ein Akku2Go mit ca. 40km Reichweite (2,8kWh) liegt bei etwa 2000€.

Ein Akku2Go mit ca. 50km Reichweite (3,5kWh) liegt bei etwa 2250€.

- Dauerlauftest im ONYX E-Mobil Prototypen

Ein Funktionsmodell des Akku2Go, welcher bereits die wichtigsten Serienkomponenten enthält (BMS, Relais, Li-Ion-Zellen), wurde im Verlauf des letzten Jahres erfolgreich im ONYX MiO getestet.

Zulassung & technische Abnahme im E-Mobil

- Zertifizierung Transportstandard „UN 38.3 Zertifikat“ für den „Akku2Go“

Status: in Bearbeitung. Zertifizierung nach UN38.3 wird vorbereitet.

- Typgenehmigung im E-Mobil nach L6e

Die Prototypenzulassung des ONYX MiO ist mit dem Prototyp des Akku2Go erfolgt. Die Komponenten des Akku2Go wurden dazu zuvor erfolgreich in einem ESD-Labor (Abbildung 75) auf elektromagnetische Immunität und Aussendung geprüft.

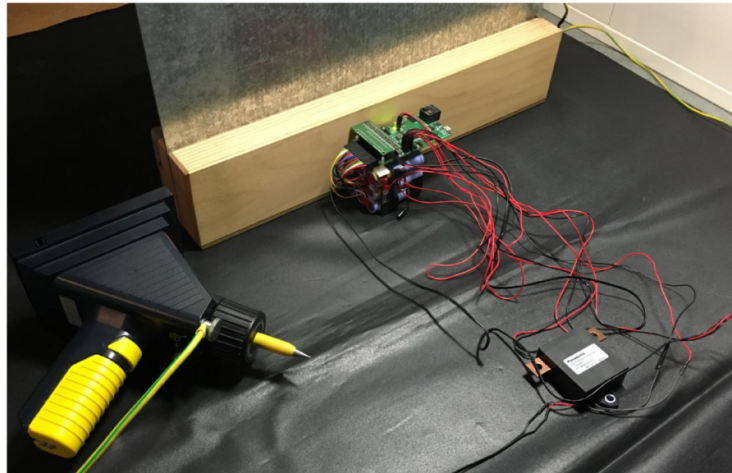


Abbildung 75: ESD-Test von Komponenten des Akku2Go (BMS, Temperatur- und Stromsensoren, sowie Relais)

Dokumentation und Qualitätswesen

- Dokumentation und Spezifizierung inkl. QS-Vorgaben für Zulieferer
Status in Bearbeitung. Eine vollständige Dokumentation wird als Abschluss der Entwicklung der Akku-Blöcke erstellt (ca. Q1/18).

- BOM / Schaltplan
Als Zulieferer stellt Commeo keine BOM / Schaltplan zur Verfügung.

- Service- und Reparaturanleitung
Die im Akku2Go verbauten Akku-Blöcke sind austausch- und wiederverwendbar. Defekte oder gealterte Akku-Blöcke können ausgebaut und ersetzt werden. Die ausgetauschten Akku-Blöcke können in jeglicher Second-Life Anwendung mit geringeren Leistungsanforderungen weitergenutzt werden (Einbau in Baustellenlampen, Großspeicher, Heimspeicher etc).

3.2.3 Elektronik

Prototyp "Motorsteuerung" 4 kW Antrieb

- Einbau und Test der optimierten Motorsteuerung
Die optimierte Motorsteuerung wurde verbaut und getestet. Bei den Tests hat sich herausgestellt, dass der Motorcontroller überhitzt (Abbildung 76) und seine Leistung drosselt. Daraufhin wurden die Parameter zusammen mit dem Hersteller des Controllers angepasst. Die Anpassungen haben eine kleine aber für die Nutzung zu geringe Änderung gebracht.

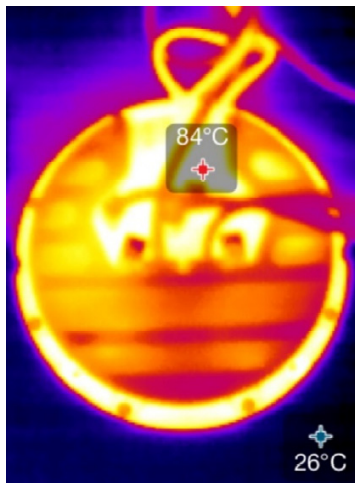


Abbildung 76: Temperaturbild des Motorcontrollers

Daher wurde der Motorcontroller gegen eine 6 kW Variante ausgetauscht, die keine Überhitzungsprobleme mehr aufweist.

Prototyp Anzeigeinheit inkl. Steuergerät

- Entwicklung eines Prototyps der Anzeigeinheit

Es wurde eine Anzeigeinheit entwickelt, welche den Batteriestatus, die Geschwindigkeit und die gefahrenen Kilometer anzeigt. Des Weiteren wurde eine Smartphone/Tablet-App entwickelt, welche die Steuerung des Pedalgenerators ermöglicht und den Einsatz des Smartphones als Infotainmentsystem ermöglicht.

- Inbetriebnahme der Anzeigeinheit inkl. Steuergerät

Die Anzeigeinheit inkl. Steuergerät wurde verbaut und in Betrieb genommen.

- Programmierung / Konfiguration des Steuergeräts

Das verbaute Steuergerät wurde programmiert und im verbauten Fahrzeug konfiguriert.

- Kommunikationsaufbau mit der Motorelektronik und dem BMS

Die Kommunikation zwischen Motorelektronik und BMS wurde mittels CAN-Bus umgesetzt.

Kabelbaum

- Erstellen eines Musterkabelbaums für Prototyp und Kleinserie

Es wurde ein Musterkabelbaum (Holzbrett mit Bezeichnungen) (Abbildung 69) angefertigt.

- Fertigen eines Kabelbaums anhand des Musters

Auf Basis des Musterkabelbaums ist der Kabelbaum für den Prototyp gefertigt worden.

Beleuchtung, Bedienelemente & Sicherheit

- Einbau der Beleuchtungskomponenten und der Bedienelemente

Die Beleuchtungskomponenten und die Bedienelemente wurden im Fahrzeug verbaut und an das Steuergerät angeschlossen.

- Fahrzeugsicherheitskonzept umsetzen

Das Konzept der Fahrzeugsicherheit wurde umgesetzt. Die Zugangskontrolle ist mittels Schlüssel und die Freischaltung des Fahrzeugs mittels RFID realisiert. Die Alarmanlage ist integriert und die Sensorik (GPS und Beschleunigungssensoren) senden Ihre Daten, sodass der Besitzer die Position des Fahrzeugs jederzeit kontrollieren kann.

3.2.4 Typgenehmigung Prototyp

Vorbereitung Typgenehmigung inkl. Testphase Gesamtfahrzeug

- Kommunikation und Abstimmung mit der Abnahmestelle

Nachdem der Prototyp fertiggestellt, in Betrieb genommen und getestet wurde ist eine Typgenehmigung bei der DEKRA angefragt worden. Dazu wurden von der DEKRA verschiedene Unterlagen zum Fahrzeug angefordert, diese wurden Herrn Böse von der DEKRA zur Verfügung gestellt.

- Erstellung eines detaillierten Prüfplans

Die DEKRA hat die Anforderung an eine Typgenehmigung anhand eines Prüfplans zur Verfügung gestellt.

- Test des Prototypens anhand des Prüfplans

Der Prototyp wurde anhand des Prüfplans getestet. Diese Prüfung umfasst unter anderem verschiedene Testszenarien (z.B. Brems- und Geräuschtests), welche mit dem Fahrzeug durchgeführt wurden.

Typgenehmigung Prototyp

- Vorstellung Gesamtfahrzeug bei Abnahmestelle

3.3 Business- und Investitionsplan, Kundenanalyse & Marketing

Um den Markterfolg abzusichern ist es wichtig den Markt sowie die Kundenanforderungen genau zu kennen und daraufhin das Produkt abzustimmen. Parallel dazu müssen die Kosten in der Fertigung, für den Vertrieb und After Sales-Aktivitäten bekannt sein und im Rahmen eines Businessplans detailliert dokumentiert und mit dem Zielpreisszenario, siehe Abbildung 79, für den Markteinstieg abgeglichen werden. Da die Entwicklungspartner Fa. iotec und Fa. ONYX nur bedingt über Kompetenzen in der wirtschaftswissenschaftlichen Ausbildung verfügen, wurden die Themen im Rahmen von Kooperationsprojekten und Abschlussarbeiten angegangen. Ziel dieser Kooperation war es gemeinsam ein „Cost tool“ auf Excel-Basis zu entwickeln, welches anschließend vom ONYX MiO-Team weiter gepflegt werden kann und bis zur Ausgründung eines selbstständigen Fertigungsunternehmens als aktuelle Businessplanbasis genutzt werden kann.

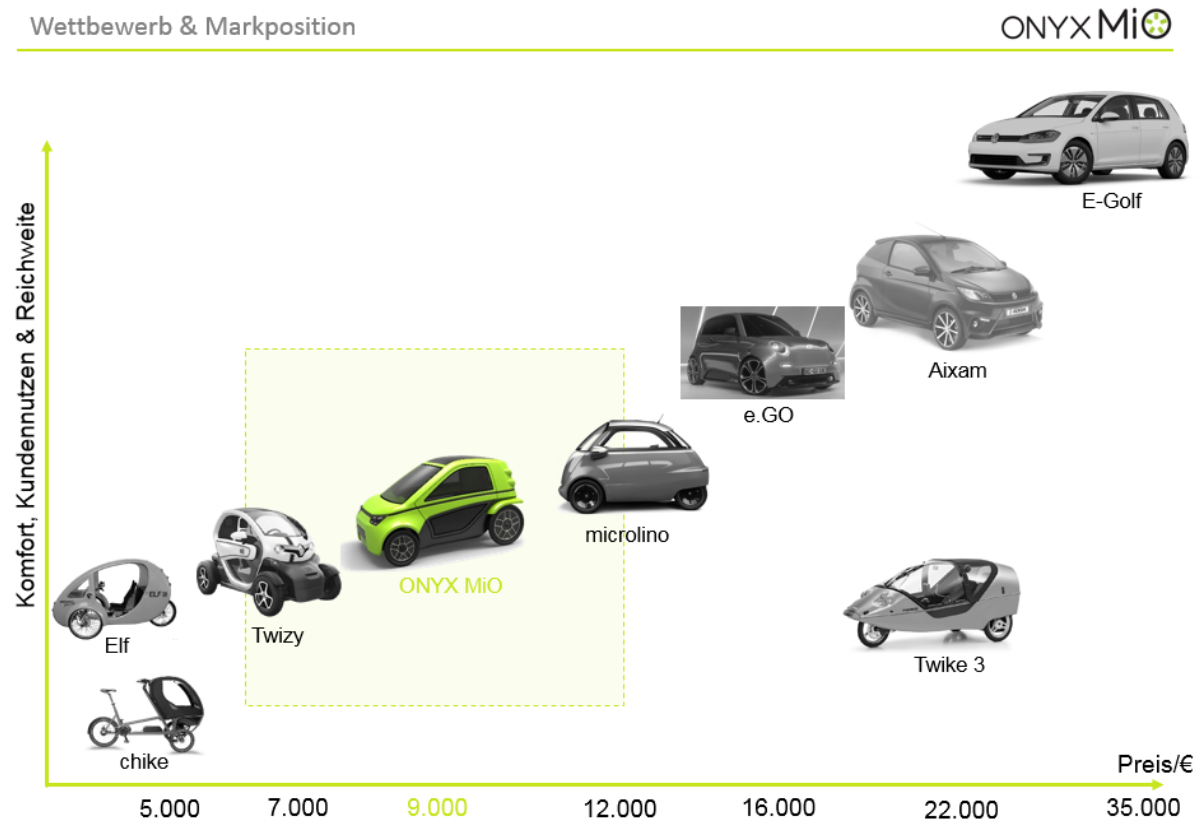


Abbildung 79: Darstellung des Zielpreissegmentes ONYX MiO im Wettbewerb

3.4 Detaillierung Business- und Investitionsplanung

Die Detaillierung des Business- und Investitionsplans basiert prinzipiell auf dem Takt-System aus der Digitalen ONYX MiO-Fabrik, um größtmögliche Kompatibilität zwischen den Disziplinen Wirtschaft und Technik zu gewährleisten. Allerdings wird das Dokument mit Beispielzahlen gefüllt, um Firmeninterne zu schützen. Um die Skalierungseffekte darstellen zu können, wurde entschieden, dass „Cost tool“ in 3 Phasen aufzuteilen.

Die Betrachtung der Phasen erfolgt auf Basis der geplanten Absatzmengen pro Phase:

- Phase 1: 200 Stück über 12 Monate
- Phase 2: 1000 Stück über 12 Monate
- Phase 3: 5000 Stück und > über 24 Monate

Ziel der Phasenbetrachtungen war es möglichst genaue Aussagen über den Investitionsbedarf für die Gründung einer Produktionsfirma auf Kleinserienniveau bis hin zur Weiterentwicklung bis zur mittelgroßen Serienfertigung zu erlangen.

Mit diesen Kennzahlen und den zu erwartenden Gewinnen sollen dann potentielle Investoren angesprochen werden und am Unternehmen beteiligt werden, um so die kontinuierliche Weiterentwicklung zu finanzieren.

Im Rahmen dieses Berichtes wird das Tool sowie die Struktur und Arbeitsweise des entwickelten „Cost tools“ als Basis für die zukünftige Investitionsplanung nur im Rahmen der Inhaltsübersicht, siehe Abbildung 81 dargestellt. Das Originaldokument sowie die Dokumentation wird ausschließlich der DBU übergeben, um Firmeninterne zu schützen.

Hiermit möchten wir uns vielmals für die Unterstützung und die tolle Zusammenarbeit mit den studentischen Teams der Hochschule Osnabrück. Speziellen Dank gilt Prof. Dr. Dominik Halstrup Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Strategisches Management sowie Herrn Jann Brouer in der Fakultät Wirtschafts- und Sozialwissenschaften.



Abbildung 80: Abschluss des Hochschulprojekte ONYX MiO Businessplan

Inhalt „Cost tool ONYX MiO“

1. Vor- / Nachprozesse	1
1.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	1
1.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	2
2. Montageprozess	3
2.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	3
2.2 Handlungsanweisung / Bedienungsanweisung	4
3. Personalplanung /-kosten	5
3.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	5
3.2 Handlungsanweisung / Bedienungsanleitung	8
4. Maschinen-/Anlagenplanung	9
4.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	9
4.2 Handlungsanleitung / Bedienungsanweisung:	11
5. Gebäudekosten	12
5.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	12
5.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	13
5.3 Quellen	13
6. Gründungskosten	14
6.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	14
6.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	16
7. Vertrieb & Marketing	17
7.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	17
7.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	18
7.3 Quellen	18
8. Finanzplanung	19
8.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	19
8.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	26
9. Unternehmenswert	27
9.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	27
9.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	28
9.3 Quellen	28
10. Return on Equity (Investorensicht).....	29
10.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	29
10.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	31
11. Return on Investment (Unternehmenssicht).....	32
11.1 Allgemeine Übersicht / Aufbau	32
11.2 Handlungsanweisung/ Bedienungsanleitung	33

Abbildung 81: Inhalt des ONYX MiO Cost tools

3.4.1 Marktbewertung ONYX MiO-Konzept

Um die Markakzeptanz in Bezug auf den aktuellen Entwicklungsstand einschätzen zu können, wurde in erste Linie eine ausführliche Road Show mit dem zugelassenen Prototyp betrieben. Der Startschuss war die Woche der Umwelt (noch ohne Dekra-Abnahme) und dann eine Reihe von Veranstaltungen quer durch Deutschland.



Abbildung 82: Eindrücke von der ONYX MiO Road Show 2016-2017

Parallel wurde im Rahmen eines Projektes mit Schülern der 12ten Klasse eine Umfrage zum ONYX MiO entwickelt und in Berlin durchgeführt. An dieser Umfrage haben mehr als 100 Personen teilgenommen. Das wohl wichtigste Ergebnis war die Antwort auf die Frage Nr.

5. Würden Sie es in Betracht ziehen sich ein Bio-Hybridmobil zu kaufen?

ja nein

, welche mit deutlich über 50 % mit Ja beantwortet wurde. Siehe Ergebnisse im Anhang. Natürlich ist das nur eine Stichprobenauswertung in einer Stadt. Aber die Tendenz und das Feedback aus der Road Show zeigen nachweisbar auf, dass das ONYX-MiO-Konzept in die Zeit passt und eine Kundenbasis vorhanden ist.

3.4.2 Weiterentwicklung des ONYX MiO Konzeptes

Auf Basis der eigenen Erfahrungen, dem Feedback auf Messen und Veranstaltungen sowie den Kundenmeinungen aus der Befragung konnte folgende Kritikpunkte abgeleitet werden:

1. Das Fahrzeug sollte mindestens 80 km/h fahren können und auch für Stadtautobahnen zugelassen sein (Forderung nach L7e-Zulassung).
2. Es reich ein zentraler Sitzplatz, da für Pendler somit der optimale Nutzen gegeben ist.
3. Das Fahrzeug sollte schmaler und auch für die Nutzung auf dem Fahrradweg konzipiert sein (Forderung nach einer Pedelec-Zulassung)
4. Das Fahrzeug sollte sicherer sein (Forderung nach Crash-Test und Airbag-System)

Wir haben uns vorrangig mit den ersten 3 Punkten beschäftigt, da Punkt 4 das Gesamtkonzept, ein Fahrzeug für die Leichtbauklasse zu entwickeln, in Frage stellen würde.

Interessant sind aber die widersprüchlichen Forderungen, die aufzeigen, dass der Individualverkehr personen- und situationsbezogen betrachtet werden muss. Je nachdem alleinstehend oder Großfamilie und welche Art von Berufswegen ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen an das ideale Fahrzeug für den urbanen Individualverkehr.

Dann ist parallel die Entwicklung der mobilen Zukunft zu berücksichtigen. Elektroautos, autonom fahrende Fahrzeuge, die vollvernetzt mit dem Benutzer kommunizieren sowie interagieren können und ihm genau dann zur Verfügung stehen, wenn er sie benötigt. So ähnlich könnte unsere Zukunft aussehen. Auch bemannte Drohnen, die auf Luftstraßen unterwegs sind und somit die überfüllten Straßen entlasten, könnten in einigen Jahren durchaus Realität werden.

Doch Lösungen für unseren Individualverkehr sind mehr denn je kurzfristig gefragt, um diesen nutzerfreundlicher, nachhaltiger und preiswerter zu gestalten. Und hier ist eine durchaus einfachere Lösung möglich, als es die Entwicklung eines hochkomplizierten und computergesteuerten Produktes bzw. Gesamtsystems ist.

Hier sind aus unserer Sicht weitere ultraleichte Fahrzeugkonzepte, aufbauend auf die ONYX MiO-Philosophie angesagt. Besonders im urbanen Bereich ist es möglich auf Basis des kompromisslosen Fahrzeugs eine Produktpalette anzubieten, die besonders für Sharing-Gesellschaften geeignet ist. Fahrspaß, Nutzwert und der Ausdruck von Lebensfreude sind das Credo bei der Neukonzeption des Fahrzeugs, um vor allem junge in der Stadt lebende Menschen anzusprechen.

Somit wurde im Rahmen einer Masterarbeit aus den Kundenforderungen 1-3 ein auf dem MiO-aufbauendes „Single Seater-Konzept“ entwickelt, welche insbesondere junge Menschen durch Fahrfreude, Dynamik und Agilität begeistern soll. Hierzu wurde die Grundkriterien unter dem Arbeitstitel „ONYX one“ neu definiert.



Abbildung 83: Kundenansprache ONYX MiO vs. ONYX one

Die Fahrzeugbreite wurde auf max. 1 m beschränkt und das Kurvenverhalten sollte durch die flexible Einbindung des Fahrers sportlicher gestaltet werden, siehe Abbildung 84. Die Räder wurden mit einem höheren Geschwindigkeitsindex (bis 90 km/h) und für beide Achsen gleichgroß mit 26“ definiert.

Der Clou am neuen Fahrzeugkonzept soll die Möglichkeit sein, das Fahrzeug über eine Drosselung für die Nutzung auf Fahrradwegen nutzbar zu machen. Dies ist natürlich noch eine Vision, die mit den Zulassungsbehörden zu diskutieren ist. So soll das Fahrzeug im normalen Straßenbetrieb mit einem Elektromotor für die EG-Zulassungsklasse L7e über eine maximale Leistung von 15 kW verfügen und eine Höchstgeschwindigkeit von mehr als 45 km/h generieren. Um die gedrosselte Version des ONYX one wie ein handelsübliches Pedelec auf Rad- und Feldwegen bewegen zu dürfen, muss ebenfalls ein

direkter Antrieb mittels Pedalkraft möglich sein. Die Unterstützung des Elektromotors darf hierbei nur mit einer Leistung von 250 Watt und bis zu einer Maximalgeschwindigkeit von 25 km/h erfolgen. Diese Funktionen sollen über ein Steuergerät in der Elektronik vereint und getestet werden. Ob beide Funktionen dann in einem Fahrzeug mit einer übergeordneten Zulassung gesetztes-konform darstellbar ist, soll anschließend mit der DEKRA und dem KBA diskutiert werden.

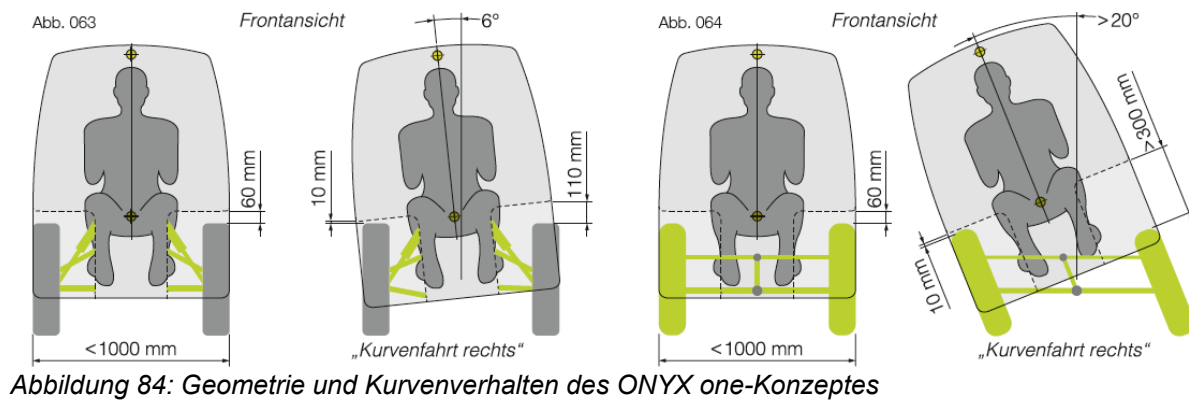


Abbildung 84: Geometrie und Kurvenverhalten des ONYX one-Konzeptes

Zielgruppe -> Pendler im urbanen Raum -> junge Menschen „Generation Y“	Äußere Abmessungen Länge: < 3.000 mm Breite: < 1.000 mm (Spurweite) Höhe: < 1.450 mm	Sitzgeometrie & Stauraum -> ein Fahrer, Sitzposition variabel (5. Perzentil weiblich & 95. Perzentil männlich) -> Sitzgeometrie gleicht der des ONYX MiO -> optional Platz für ein Kleinkind oder einen Kasten Wasser -> Sitzschalen, keine sattelförmigen Sitzplätze
Zulassungsklasse -> Normalbetrieb: L7e-A2 (> 45 km/h); vollelektrisch mit optionaler Pedalunterstützung; (Leistung des Elektromotors maximal 15 kW) -> Gedrosselt: Pedelec, zulassungsfrei (< 25 km/h); Pedalkraft mit Unterstützung des Elektromotors (Leistung des Elektromotors max. 250 Watt)	ONYX one Leichtes Elektrofahrzeug mit Wechselakku	
Bereifung, Fahrwerk & Neigetechnik -> vier schmale Reifen (geringer Rollwiderstand) mit möglichst großer Auflagefläche -> Einzelradaufhängung vorne sowie hinten -> komplettes Sitzelement in Fahrgastzelle neigt sich während der Kurvenfahrt, um die Kippgefahr zu verringern		

Abbildung 85: Zielgruppe und technische Randbedingungen ONYX one im Überblick

Im Rahmen der Entwicklung wurden dann fast alle Anbauteile aus dem bestehenden ONYX MiO-Konzept übernommen und auf Basis der neuen Geometrieanforderungen im Konstruktionsmodell ONYX one zusammengefügt



Abbildung 86: Technischer Grundaufbau des ONYX one

Im nächsten Schritt wurde die Ergonomie-Situation auf die neuen Anforderungen hin digital ausgestaltet und im Rahmen einer Package-Analyse überprüft.

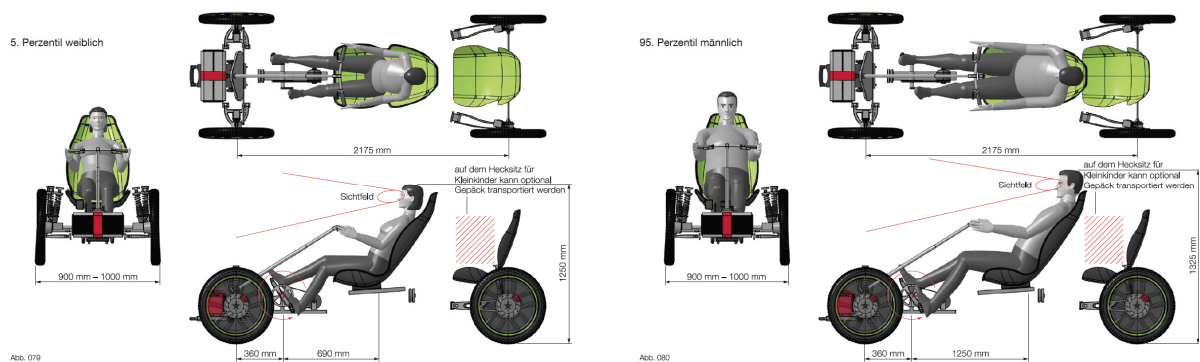


Abbildung 87: Ergonomieuntersuchung des ONYX one

Die Designsprache des ONYX one wurde vom ONYX MiO abgeleitet aber hinsichtlich der neuen und jungen Zielgruppe angepasst und etwas geschärft, siehe

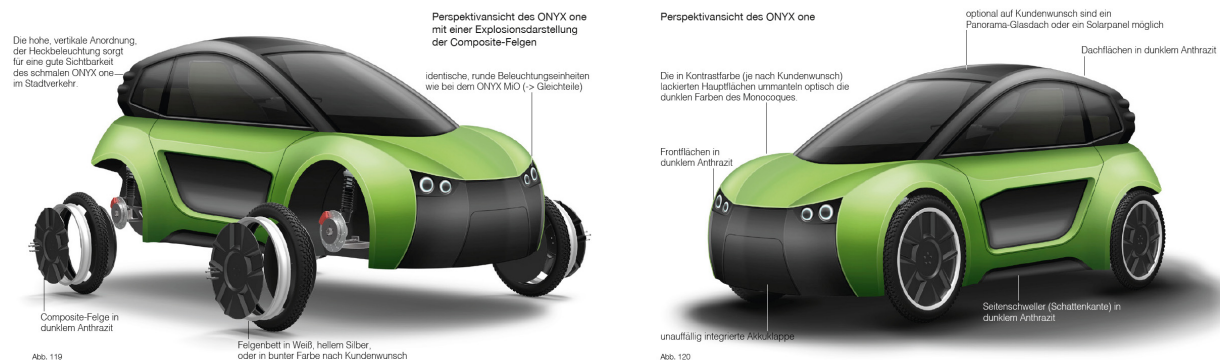


Abbildung 88: Designsprache des ONYX one

Final wurde das GFK-Monocoque-Konzept auf den ONYX One übertragen und konstruktiv ausgestaltet. Das Endergebnis der Studie vergleicht die beiden Konzepte und zeigt auf, dass individuelle Lösungen für die urbane Mobilität der Zukunft auch einfach und leicht sein können.

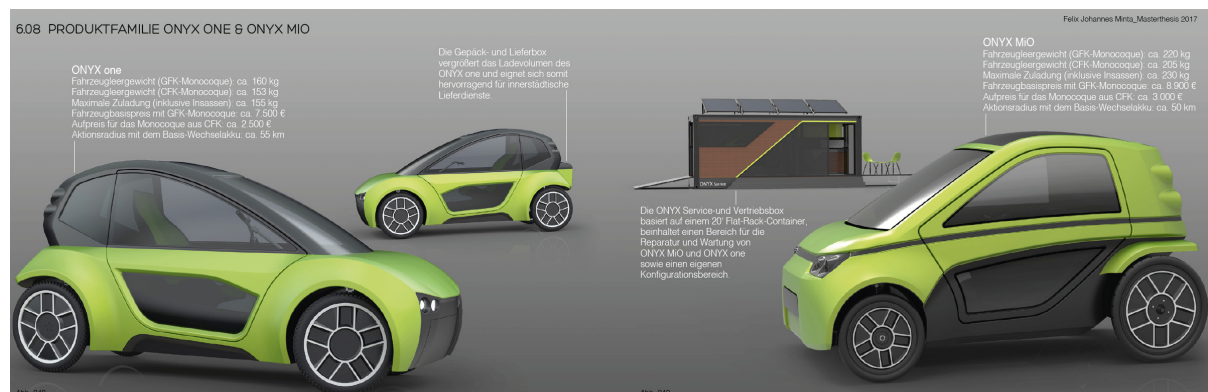


Abbildung 89: ONYX one vs. ONYX MiO

Diese Erkenntnis wird nun mit in die Weiterentwicklung des Produktes ONYX MiO genommen und als Ausblick für die Gespräche mit den potentiellen Investoren in Richtung der Gestaltung einer Produktfamilie genutzt. Über diesen Ansatz können mehr Kundenanforderungen gedeckt werden und über Skalierungseffekte in Produktion und Absatz kostengünstigere Produkte angeboten werden.

3.4.3 Marketing- und Vertriebskonzept „ONYX MiO Vertriebs- und Servicebox“

Auf Basis der Kennzahlen aus dem Businessplan, der Marktanalyse (Phase 2) und den Anforderungen für die Geschäftsmodelle „B2B“ & B2C“ wurde ein kombiniertes Vertriebs- und Servicekonzept erarbeitet. Dieses Konzept gliedert sich in folgende Unterpunkte und resultiert in der ausgearbeiteten Lösung einer „Vertriebs- und Servicebox“.

1. Kundenansprache z.B. über die Themen Gesundheit, Klimarelevanz, Erneuerbare Energien etc.

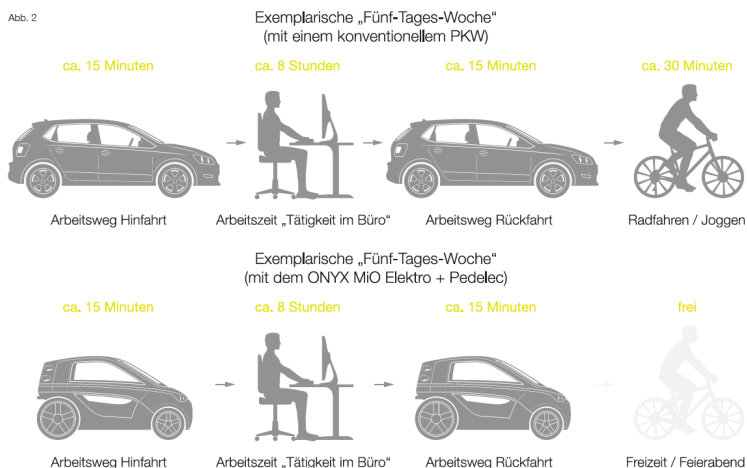


Abbildung 90: Gesundheit als Thema zur Kundenansprache visualisiert

2. Kostenbetrachtung: Günstig im Aufbau und Betrieb ist.
3. Geschwindigkeit: Schnell und einfach in Innenstädten installiert und über etablierte Businesspartner (bevorzugt im 2-Radbereich) betrieben werden kann.
4. Verfügbarkeit: Eine Möglichkeit zum 24-Stunden Akkutausch für MiO-Kunden ermöglicht.
5. Skalierbarkeit: Weltweit skalierbar (Container-Transport) und modular erweitert werden kann (Container-Bauweise)
6. Innovation und Aufzeigt, dass es Zeit für neue Lösungen ist und ausnahmsweise mal „Thinking in the box“ hilfreich sein kann

Bei der Auslegung des MiO-Vertriebs-Konzeptes wurde als Status quo davon ausgegangen, dass von allen individuellen Fortbewegungsmitteln, die dem einzelnen Menschen in Ballungszentren zur Verfügung stehen, das Automobil mit Abstand am aufwendigsten zu Reparieren und zu Warten ist.

Aufgrund der vielen elektronischen Bauteile, wie zum Beispiel dem Infotainmentsystem, die Motorsteuerung und die aufwendige LED-Beleuchtung innen und außen hat sich der Beruf vom Mechaniker in dem letzten Jahrzehnt zunehmend zum Mechatroniker weiterentwickelt.

Werkstätten in denen die Fahrzeuge repariert werden, benötigen aufgrund der vielen Werkzeuge und Anlagen immensen Raum, viel Personal und dadurch steigen die Kosten für den Verbraucher stetig.

Bei der Wartung und der Reparatur des Elektro-Hybridmobils ONYX MiO ist der Arbeits-, Kosten- und Ausbildungsaufwand wesentlich geringer. Ermöglicht wurde dieses durch den Verzicht auf einen konventionellen Antriebsstrang inklusive Verbrennungsmotor sowie dem konsequenten Leichtbau. Besonders durch das Weglassen von unnötiger elektronischer Komponenten für den urbanen Verkehrsraum ist der ONYX-MiO von seinem technischen Aufbau einem Zweirad, besonders einem E-Bike, wesentlich näher als einem Automobil. Dies liegt unter anderem daran, dass das ONYX MiO-Konzept von Beginn an auf ≤ 60 Volt Spannungsniveau konzeptioniert wurde und somit von Zweiradmechanikern gewartet werden darf.

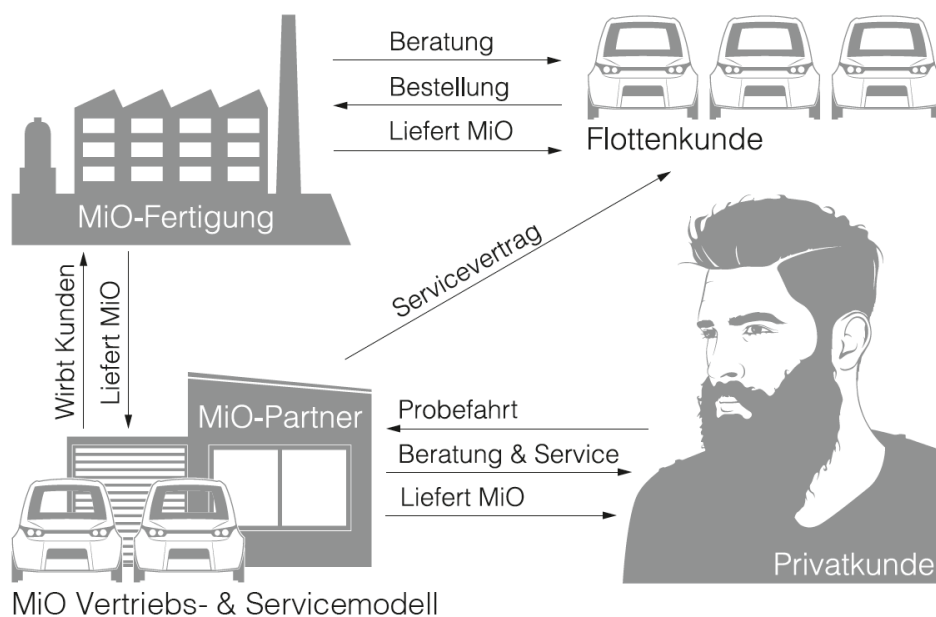


Abbildung 91: Das ONYX MiO Vertriebs- und Servicemodell im Überblick

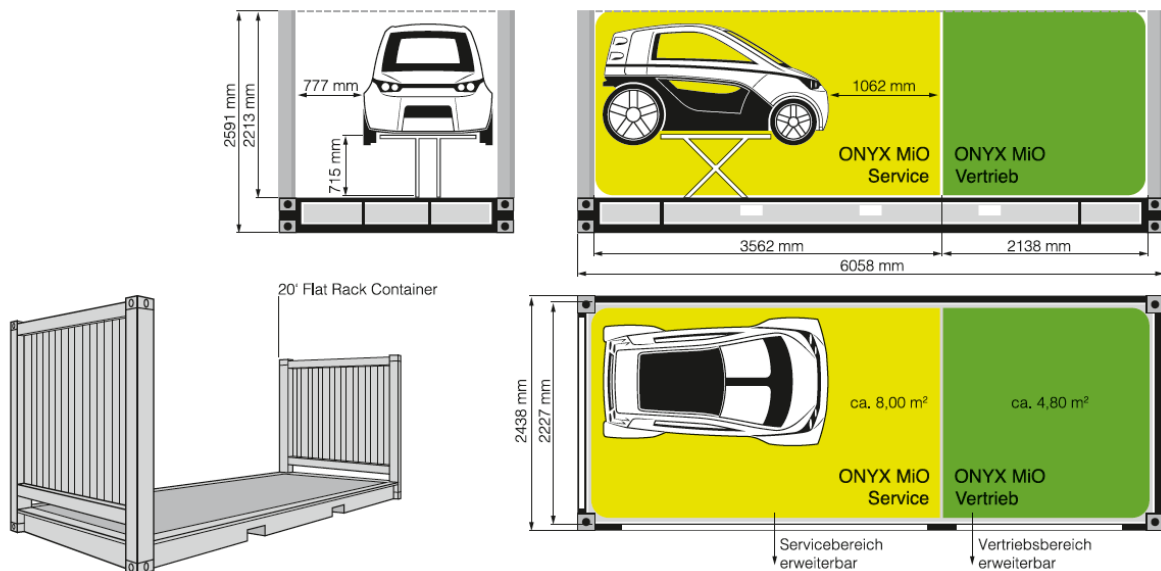
Somit ist es möglich, dass Servicearbeiten von Zweiradhändlern, sei es von Motorrad- oder Fahrrad- händlern, nach einer Schulung durch das ONYX MiO-Fachpersonal, durchgeführt werden können.

Da die meisten dieser Händler in ihren bisherigen Räumlichkeiten nicht über genügend Platz für ein vierrädriges Fahrzeug verfügen, sollen diese in Zukunft eine externe Vertriebs- und Servicebox erhalten. Diese muss auf die Bedürfnisse des Vertriebspartners angepasst werden können. Bei dem Konzept „Mini“ erhält der Partner die Servicebox für seinen Hinterhof, die Vertriebsgespräche finden in seinem Geschäft statt. Bei dem Konzept „Maxi“ findet eine Erweiterung um einen Vertriebsbereich statt.

Eine Service- und Vertriebsbox ermöglicht es den lokalen Vertriebs- und Servicepartnern standortunabhängig zu agieren. Das bedeutet, dass die vollausgestattete Box nicht zwangsweise auf dem eigenen Firmenhof aufgestellt werden muss, sondern ebenso ein flexibler Außenposten geschaffen werden kann. Dieses ist ein Vorteil für die Partner, deren Geschäftsstelle über keine zusätzliche Stellfläche verfügt. Dem niedergelassenem Partner wird idealerweise direkt nach der Bestellung die vollständig montierte Box inklusive einer Standardausrüstung geliefert, ohne dass dieser viele Einzelteile zusammenfügen muss. So ist dieser sofort einsatzbereit und muss keine zusätzlichen Arbeitsstunden in die ordnungsgemäße Montage investieren.

Um die vollständig montierte Basisbox Partnern überall auf der Welt zusenden zu können, ist es sinnvoll diese auf international genormten Containern zu transportieren. Hierfür bieten sich idealerweise solche an, die oben sowie an den beiden Längsseiten offen sind. Das Volumen von etwa $2,2 \times 2,2 \times 5,7 \text{ m}^3$,

welches auf dem „20' Flat Rack Container“ Platz findet, ergibt den Bauraum für die Basisversion der Vertriebs- und Servicebox. Diese recht kompakten Dimensionen können auf fast jedem Firmenhof platziert werden. Durch einfaches modifizieren der Außenwände kann es möglich sein den Service- sowie den Vertriebsbereich zu erweitern, um diesen ideal als Showroom nutzen zu können. Aufgrund des geringen Gewichts sowie der kompakten Abmessungen des ONYX MiO kann dieser durch eine pneumatische Quad- und Motorradhebebühne, siehe Abbildung 92, angehoben werden, welche selbst in der Basisbox problemlos platziert werden kann.



Der Servicebereich bietet Platz für einen ONYX MiO, welcher über eine seitliche Rampe in die Box gefahren werden kann. Hier kann von einer verschiebbaren Quadhebebühne profitiert werden, welche es ermöglicht das Fahrzeug sehr nah an einer der jeweiligen Außenwand zu platzieren. Ein Auslieferungsfahrzeug soll vor der Box platziert werden und jederzeit für Probefahrten zur Verfügung stehen. Der Vertriebsbereich der Box wird somit ausschließlich für Beratungsgespräche verwendet und bietet ausreichend Platz für die Sitzgarnitur.

Box-Basis	<ul style="list-style-type: none"> - Platz für einen ONYX MiO - eine Hebevorrichtung - Werkbank / Arbeitsbereich - Werkzeugschrank- oder Kiste 	<ul style="list-style-type: none"> - Bildschirm zum Konfigurieren - Material- und Farbproben - Batterieservice (Laden + Wechseln) - Sitzgelegenheit (für Beratung)
	<p style="text-align: center;">ONYX MiO Service</p>	<p style="text-align: center;">ONYX MiO Vertrieb</p>
Box-Erweitert	<ul style="list-style-type: none"> - Platz für zweiten ONYX MiO - ggf. zweite Hebevorrichtung - vergrößerte Werkbank - Lagerbereich (z.B. für Reifen) 	<ul style="list-style-type: none"> - ONYX MiO als Exponat - Technik modellhaft erklärt - vergrößerter Batterieservice - größere Sitzgruppe (für Beratung)



Abb. 06: Werkzeugset für Motorräder

Abbildung 92: Zusammenfassende Darstellung der Vertriebs- und Servicebox

Diese hier dargestellte „Package“ bietet das ideale Verhältnis von Nutzfläche auf kleinstem Bauraum und ist somit für die meisten Firmenhöfe geeignet. Ein wesentlicher Pluspunkt von ist, dass die Service- und Vertriebsbox in dem gleichem Zustand ausgeliefert werden kann, wie sie bei dem Service- und Vertriebspartner platziert wird. Auch ist es möglich die Box als reine Vertriebs- oder Servicebox auszuliefern. In diesem Fall kann im Servicebereich auch ein Exponat untergebracht werden. Beide unabhängig nutzbare Boxen können durch Weglassen je einer Längsseite miteinander zu einer großen Service- und Vertriebsbox verknüpft werden. Auch denkbar ist, dass die Vertriebsbox auf die Servicebox gestellt wird und somit wenig Bodenfläche verloren geht.



Abbildung 93: Modulare Erweiterung der Vertriebs- und Servicebox



Abbildung 94: Vertriebs- und Servicebox Seitenansicht

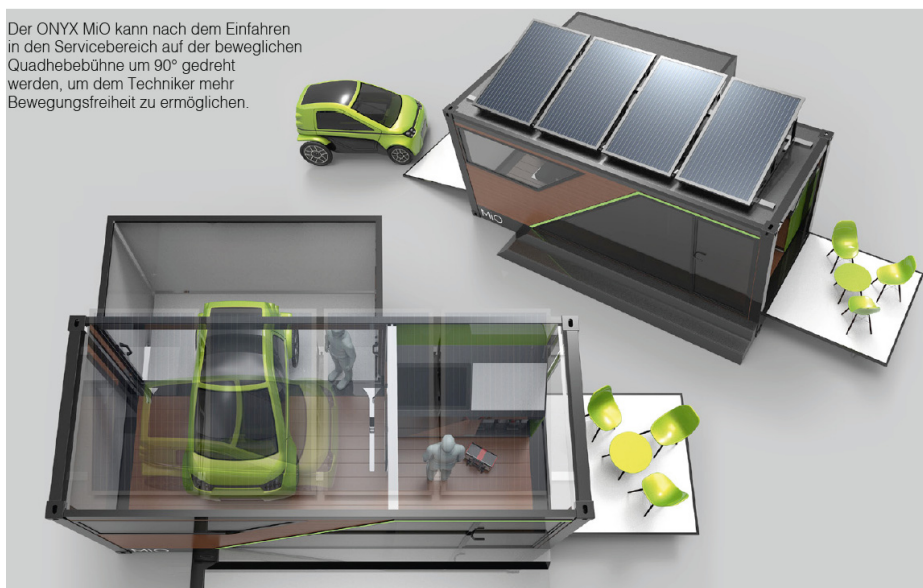


Abbildung 95: Vertriebs- und Servicebox Draufsicht „Rotationsprinzip“

4 Fazit & Ausblick

Im DBU Förderprojekt Phase 3 „Prototypenbau und Zulassung eines ultraleichten E-Mobils für den urbanen Einsatz“ mit dem Az. 30693-3 wurde von den Projektpartnern ein E-Mobilitäts-Konzeptfahrzeug gefertigt, zugelassen, getestet und optimiert sowie im Rahmen einer 6-monatigen Roadshow einem großen Publikum vorgestellt. Das Fahrzeug wurde als Bindeglied zwischen der aktuellen Verbrenner-PKW-Dominanz und den aktuell erfolgreichem Pedelec-Markt als bezahlbare und verkehrspolitisch nachhaltige Alternative entwickelt und kommuniziert.

Die im Projektplan (siehe Anhang 6.1) kommunizierten Vorhabensziele wurden größtenteils erreicht und anschaulich sowie nachvollziehbar durch die Formulierung und Überprüfung der bewertbaren Zielparameter „Umweltrelevanz“, „Technische Umsetzbarkeit“, „Marktrelevanz“ und „Wirtschaftliches Potential“ überprüft und dokumentiert.

Der übergeordnete Zielparameter hinsichtlich der Umweltrelevanz ist der zu Projektbeginn formulierte „Nutzlastfaktor“ von $\geq 1,0$ (Verhältnis Nutzlast zu Eigengewicht des Fahrzeuges), welcher durch das Potential des Leichtbaus mit Faserverbundwerkstoffen und des Ansatzes eines Minimalfahrzeuges zumindest durch die GFK-CFK-Hybrid Monocoque-Variante technisch dargestellt wurde.

Will man mit dem ONYX MiO einen signifikanten Hebel zur Umweltrelevanz in Bewegung setzen, geht dies allein über den preiswerten Einstieg (Basisendkundenpreis ≤ 9.000 €). Auf Basis der Untersuchungen im Rahmen des Business- und Investitionsplans ist hierzu aber ein Absatz von ≥ 5.000 Einheiten/Jahr notwendig, um ein attraktives Geschäftsmodell fahren zu können.

Der Bedarf konnte seitens des Kundenfeedbacks nachgewiesen werden und entspricht bei den heute alleine in Deutschland 45 Mio. zugelassenen PKW einem Anteil von weniger als 0,01 % des aktuellen Bestandes.

Allerdings liegt der Investitionsbedarf für die Weiterentwicklung, den stufenweisen Aufbau der Fertigung, dem Vertrieb & Service sowie dem Marketing im unteren 2-stelligen Millionenbereich um den Fertigungsoutput darstellen zu können.

Aus den Randbedingungen haben die Projektpartner eine Roadmap zur Weiterführung entwickelt, siehe Abbildung 96. Darin werden die Entwicklungsschritte so aufgeteilt, dass nach Ausgründung der ONYX MiO GmbH Investoren die Möglichkeit haben Geschäftsanteile zu erwerben. Das Risiko ist natürlich zu Beginn am höchsten und somit wird auch mit einer überschaubaren Investition (ca. 1 Mio €) und einem Arbeitspaket von 6 weiteren Prototypen sowie der Ausstattung eines Vertriebspartners gestartet. Mit dem Erfolg eines jeden Entwicklungspakets wird das Geschäftsmodell belastbarer und senkt das Risiko für weitere Investitionen. Natürlich sinkt damit parallel der Unternehmensanteil der Projektpartner je eingesetztes Kapital und auch die endgültige Rendite. Bei dem aktuellen Leitzinsniveau ist das Gesamtkonzept aber trotzdem so attraktiv, dass davon ausgegangen wird in 2018 mit der ersten Kleinserie beginnen zu können.

Sollte widererwarten keine strategischen Investoren gefunden werden, wird die Projektidee im Rahmen eines Crowdfunding-Projektes den Kunden direkt angeboten, um so die Vision (siehe Abbildung 97) ONYX MiO umzusetzen.

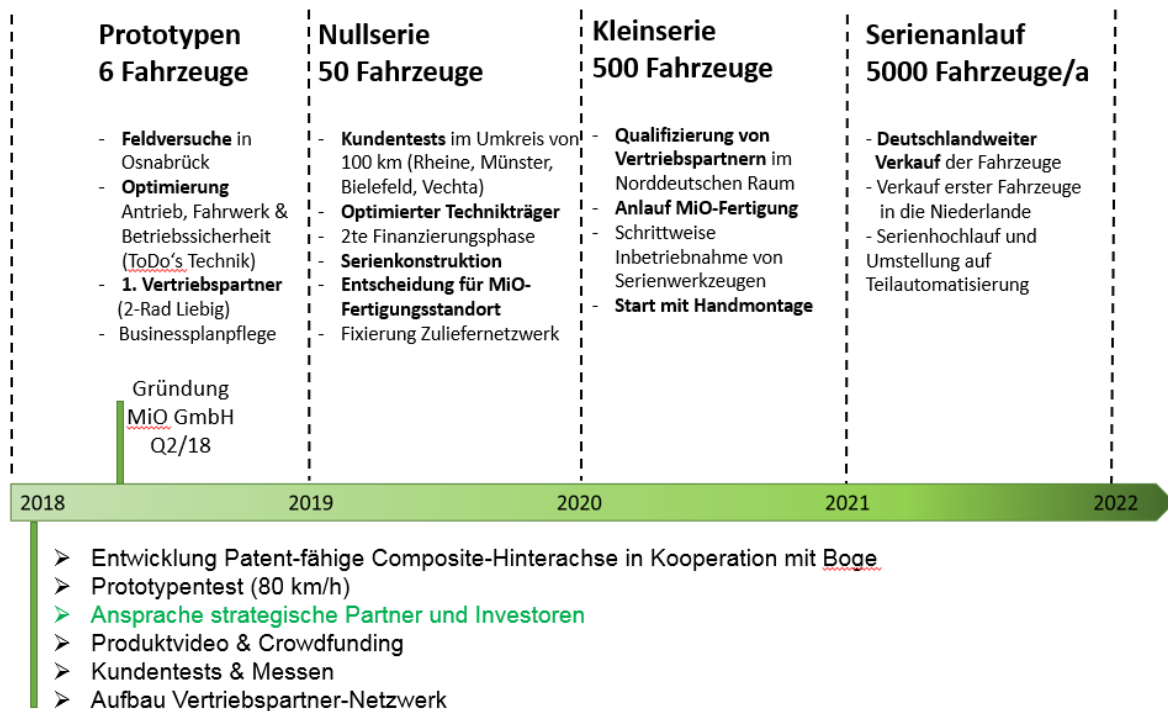


Abbildung 96: Roadmap zur Weiterführung des Projektes

Globaler Roll-out ab 2024

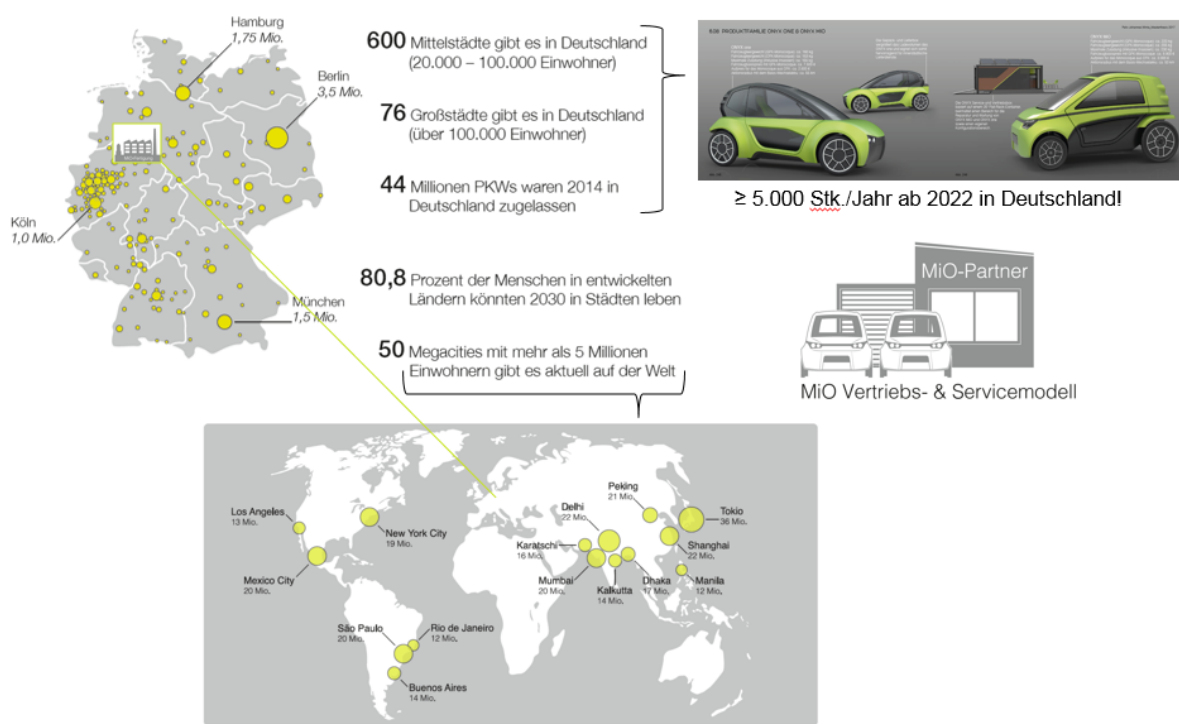


Abbildung 97: Vision ONYX MiO

5 Literaturverzeichnis

- [Ste14] Steinbach, M.: Statistik: *Zahlen, Daten & Fakten Elektromobilität*. 1. Version, Erstellt von: Steinbach Engineering, 2014
- [Jue14] Jürgens, F. Masterthesis. *Ökologische Bewertung von Bauteilen im Automotive-Bereich am Beispiel einer Heckklappe aus Biowerkstoffen*. Hannover, 04.07.2014
- [Moe14] Möckesch, R. Bachelorarbeit. *Hanffaserverstärkte Kunststoffe als ökonomische und ökologische Alternative für Strukturbauteile in der Faserverbundindustrie*. Münster: FH Münster, 19.08.2014
- [Lan15] Langenberg, J. Wissenschaftliches Praxisprojekt an der Frankfurt University of Applied Sciences im FB2: Informatik und Ingenieurwissenschaften, Studiengang Maschinenbau: *Digitale Mock up-Generierung zur Bauraum- und Strukturanalyse eines ultraleichten E-Mobils und Ökobilanzierung für drei Monocoque-Varianten aus FVK*. Frankfurt, 10.06.2015
- [Alt10] Althaus, & Gauch. *Elektromobilität versus konventionelle Mobilität mit Bio- und fossilen Treibstoffen*. Dübendorf: Empa, 2010

6.2 Dokumentation DEKRA Einzelabnahme

Technische Prüfstelle für den Kraftfahrzeugverkehr beim DEKRA e.V. Dresden
Dienststelle:
Senftenberger Str. 30, 01998 Klettwitz
Tel.: 035754/7344-500 Fax: 035754/7345-500

DEKRA 204617342

Fz-Kl.	L6e	4rädrl. Leich. Fz. b. 350 kg
Herst.	0901	ONYX composites GmbH
Typ	000	ONYX MIO
Var.	00000	
zGM	450 kg	
EZ	noch nicht zugelassen	
FIN	WEGTP28E8GAAA0005	
km-Stand		0000700550
Prüfort		

ONYX Composites GmbH
Marie-Curie-Str.3
49076 Osnabrück

Erläuterungsbogen zum Gutachten gemäß § 21 StVZO - Vollgutachten
mit Nr. P040367000306 YH vom 09.08.2016
Seite 1 von 1

Hinweise zur Begutachtung:

- Betriebsbremswirkung vorne (Prüfungsfahrt) in Ordnung
- Betriebsbremswirkung hinten (Prüfungsfahrt) in Ordnung

Ergebnis der Begutachtung: positiv abgeschlossen

Sehr geehrte Kundin, sehr geehrter Kunde,

die Begutachtung Ihres Fahrzeugs wurde positiv abgeschlossen.
Das beiliegende Gutachten dient zur Vorlage bei der Zulassungsstelle zur Beantragung der Betriebserlaubnis für das beschriebene Fahrzeug.

Dipl.-Ing. (FH) Frank Böse
amtlich anerkannter Sachverständiger
für den Kraftfahrzeugverkehr



Technische Prüfstelle für den Kraftfahrzeugverkehr beim DEKRA e.V. Dresden
 Dienststelle: DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA
 Senftenberger Str. 30, 01998 Klettwitz
 Tel.: 035754/7344-500 Fax: 035754/7345-500



Gutachten zur Erlangung der Betriebserlaubnis gemäß § 21 StVZO
 mit Nr. P040367000306 YH vom 09.08.2016

DEK 204617341

Anlagen: 1 x gesondertes Beiblatt zum Gutachten
 1 x Erläuterungsbogen

FAHRZEUGBESCHREIBUNG														
B	-	2.1	0901	2.2	00000000	L	2	9	1	P2/P4	5/3500	T	45	
J	L6e	4	-			18	2538				19	1463		
E	WEGTP28E8GAAA0005			3	5	20	1446				G	255		
D.1	-					12	-		13	-		Q	0,02	
	ONYX MIO					V.7	-		F.1	440		F.2	440	
D.2	-					7.1	190		7.2	250		7.3	-	
	-					8.1	190		8.2	250		8.3	-	
						U.1	-		U.2	2625		U.3	65	
D.3	-					0.1	-		0.2	-	S.1	2	S.2	-
2	ONYX composites GmbH					15.1	20-2.15	26B						
5	4rädrr.Leich.Fz.b. 350 kg					15.2	26-2.15	37B						
	-					15.3	-							
V.9	-					R	-					11	-	
14	-					K	-							
P.3	Elektro					6	-							
10	0004	14.1	-		P.1	-								
22	Fahrzeug ist Versuchsfahrzeug* P2/4: Elektromotor HPM 3000; Energiespeicher: Herst.Commeo Typ:LI Ion, Spannung:48V;Fahrwerk vorn: YSS VD222-255T-01,hinten: YSS VD 220-270P-02* abweich.von d.Vorschr.d.StVZO:§35a Sitze nicht verstellbar-Regulierung über Sitzpolster;§38a Sicher.-einricht.geg.unbefugt.Benutz.Abschließb.Hauptsch Fortsetzung auf Beiblatt													
Zusätzliche Bemerkungen: KEINE														
A) Zusätzliche Angaben und technische Daten: - festgestellt auf Grundlage: Neufahrzeug														
C) Bescheinigung des amtlich anerkl. Sachverständigen Es wird bescheinigt, dass nach dem vorliegenden Gutachten des amtlich anerkl. Sachverständigen Dipl.-Ing. (FH) Frank Böse mit Nr. P040367000306 die vorstehende Fahrzeugbeschreibung zutrifft und das Fahrzeug - mit Ausnahme der unter Feld (22) beschriebenen Abweichungen - den geltenden Vorschriften entspricht.														
Klettwitz, den 09.08.2016														

Technische Prüfstelle für den Kraftfahrzeugverkehr beim DEKRA e.V. Dresden
 Dienststelle: DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA DEKRA
 Senftenberger Str. 30, 01998 Klettwitz
 Tel.: 035754/7344-500 Fax: 035754/7345-500



Beiblatt (1 von 1)
 zum Gutachten zur Erlangung der Betriebserlaubnis gemäß § 21 StVZO
 mit Nr. P040367000306 YH vom 09.08.2016
 Fahrzeug-Ident.-Nr.: WEGTP28E8GAAA0005

DEK 204617340

Zeile	Bemerkungen
1	. u. RFID;§95(2) FIN a.angenietet.Schild vo rechts im
2	Batteriefach; Sicherheitsgurtverankerung nicht geprüft
3	* Ausn.erforderlich*

Aufstellung der technischen Vorschriften, auf deren Grundlage die Betriebserlaubnis für das Fahrzeug erteilt werden kann

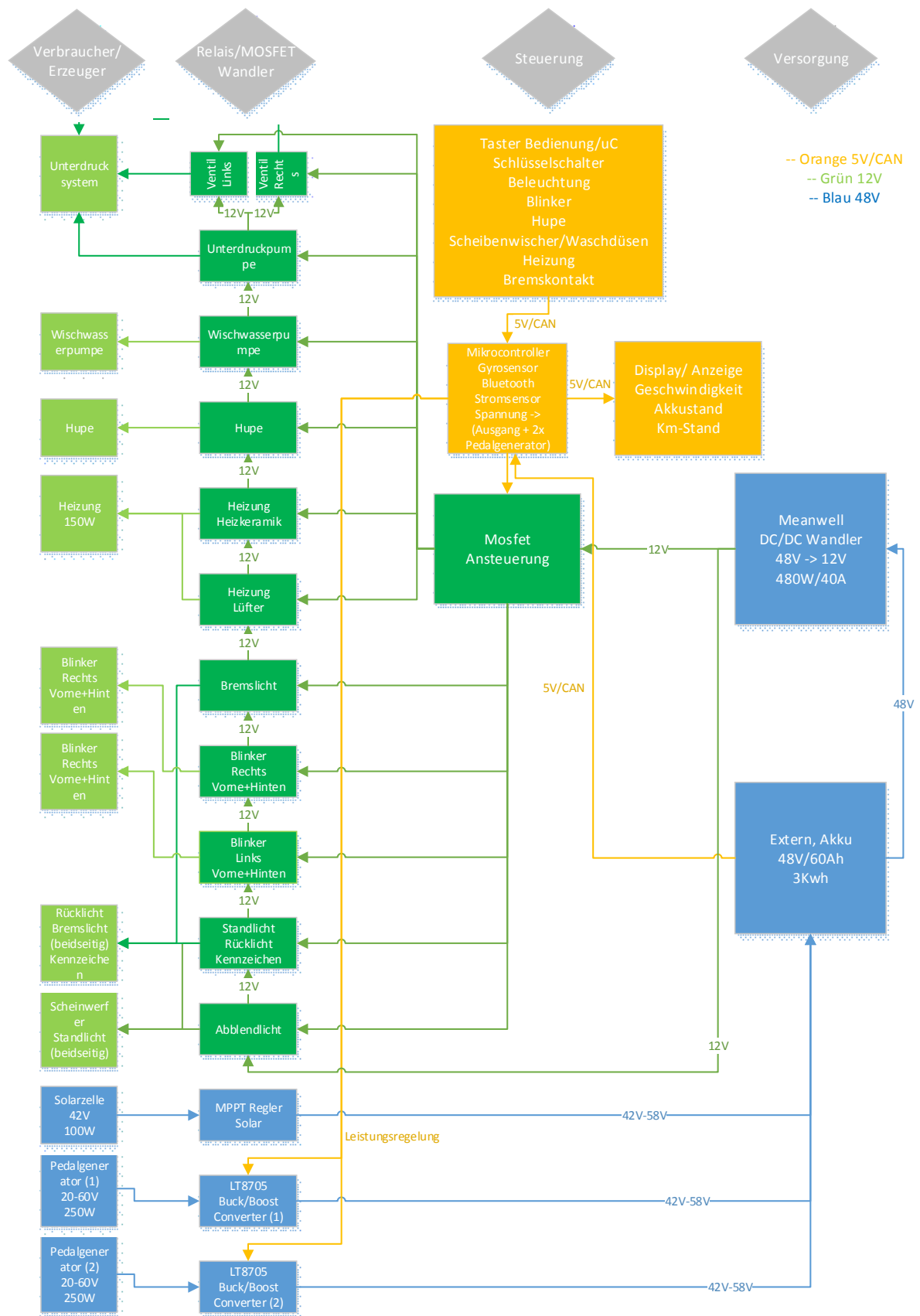
Anlage 1 zum GUTACHTEN nach §21 StVZO
 mit der Nr.: P040367000306 YH vom 09.08.2016
 Fahrzeug-Ident.-Nr.: WEGTP28E8GAAA0005
 Seite 1 von 2

Bau- und Betriebsvorschriften		Bewertung ¹⁾
Paragraph (§)	Kurztext	
30	Beschaffenheit der Fahrzeuge	Vorschriftsmäßig
30a,	Höchstgeschwindigkeit, Drehmoment und Nutzleistung des Motors	Vorschriftsmäßig
30b	Hubraum	N/A
30c	Vorstehende Außenkanten	Vorschriftsmäßig
30d, 34a, 35b, 35d - g, 35i , 35j, 54a	Kraftomnibusse	N/A
32, 32d, 34, 34b, 42, 44	Massen/Gewichte und Abmessungen und Kurvenlaufverhalten	Vorschriftsmäßig
32b	Unterfahrschutz	N/A
32c	Seitliche Schutzvorrichtungen	N/A
35	Motorleistung	N/A
35a	Sitze, Gurte, Rückhaltesysteme und -einrichtungen	Ausn.-Genehm. erforderl. - s. ggf. gesondert. GA gemäß §70 StVZO
35b, 40	Einrichtungen zum sicheren Führen; Sicht	Ausn.-Genehm. erforderl. - s. ggf. gesondert. GA gemäß §70 StVZO
35c	Heizung und Lüftung	N/A
35d, 35e	Einrichtungen zum Auf- und Absteigen, Türen	Vorschriftsmäßig
36	Bereifung und Laufflächen	Vorschriftsmäßig
36a	Radabdeckungen, Ersatzräder	Vorschriftsmäßig
37	Gleitschutzeinrichtungen, Schneeketten	N/A
38	Lenkeinrichtung	Vorschriftsmäßig
38a, 38b	Diebstahlsicherung; Alarmsysteme	Ausn.-Genehm. erforderl. - s. ggf. gesondert. GA gemäß §70 StVZO
39	Rückwärtsgang	N/A
41, 41a, 41b	Bremsen und Unterlegkeile; ABV; Druckbehälter Bremsen	Vorschriftsmäßig
41a, 45, 46	Gasanlagen, Druckbehälter; Kraftstoffbehälter; Kraftstoffleitungen	N/A
43, 44	Verbindungseinrichtungen; Stützeinrichtungen	N/A
47, 47c, 47d, 48	Abgase, Emissionen und Kraftstoffverbrauch	N/A
49	Geräuschentwicklung	Vorschriftsmäßig
49a, 50 ff i.V.m. 39a	Lichttechnische Einrichtungen	Vorschriftsmäßig
55	Schallzeichen	Vorschriftsmäßig

Bau- und Betriebsvorschriften		Bewertung ^{*)}
Paragrah (§)	Kurztext	
55a	Elektromagnetische Verträglichkeit	Vorschriftsmäßig
56	indirekte Sicht	Vorschriftsmäßig
57, 57a	Geschwindigkeitsmessgerät und Wegstreckenzähler, Fahrtschreiber und Kontrollgerät	Vorschriftsmäßig
57c, 57d	Geschwindigkeitsbegrenzer	N/A
58	Geschwindigkeitsschilder	N/A
59	Schilder, Fahrzeug-Identifizierungsnummer	Vorschriftsmäßig
59a	Übereinstimmung mit der Richtlinie 96/53/EG	N/A
61	Halteinrichtungen, Fußstützen und Ständer	Vorschriftsmäßig
62	elektrisch angetriebene Kraftfahrzeuge	Vorschriftsmäßig

*) N/A Die Bau- oder Betriebsvorschrift ist nicht anwendbar (z.B. System Baugruppe oder Bauteil nicht verbaut) oder sie bleibt von einer technischen Änderung unberührt und/oder ist über die bisherige Fahrzeuggenehmigung nachgewiesen.

6.3 Schema des ONYX MiO Steuergerät



6.4 Elektronische Komponenten des ONYX MiO



6.6 Ergebnisse der Umfrage zum ONYX MiO-Konzept



Marktforschung im Rahmen der ONYX composites GmbH

5. Wie weit wohnen Sie von Ihrem Arbeitsplatz entfernt?

- unter 3 km 3-5 km 6-10 km über 10 km

6. Wie kommen Sie zu Ihrem Arbeitsplatz?

- Auto Fahrrad öffentliche Verkehrsmittel zu Fuß _____

7. Kaufen Sie bevorzugt Fair Trade-Produkte?

- ja nein

8. Haben Sie schon mal von dem ONYX MiO gehört?

- ja nein

9. Würden Sie es in Betracht ziehen sich ein Bio-Hybridmobil zu kaufen?

- ja nein

10. Bitte ankreuzen:

- männlich weiblich _____

11. Wie alt sind Sie?

- unter 18 Jahre 18-29 Jahre 30-44 Jahre 45-59 Jahre 60 Jahre und Älter

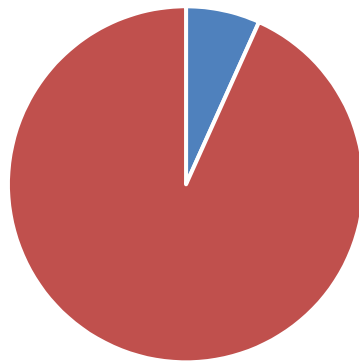
12. In welchem Berufsfeld sind Sie tätig?

- Schüler/Student Handwerk kaufmännisch Gesundheit Verkehr, Logistik
 Beamte IT selbstständig sozialer Bereich, Pädagogik _____
 Rentner

13. Bitte geben Sie Ihre Postleitzahl an:

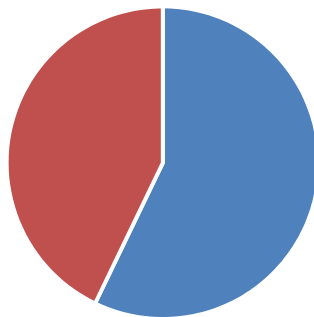
Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Bekanntheit



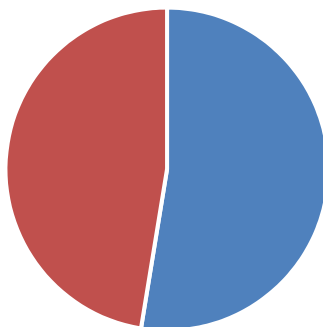
■ Kennen Mio ■ Kennen Mio nicht

Potenzielle Käufer mit Vorkenntnissen



■ Wollen Biohybrid kaufen ■ Wollen Biohybrid nicht kaufen

Potenzielle Käufer ohne Vorkenntnisse



■ Wollen Biohybrid kaufen ■ Wollen Biohybrid nicht kaufen

